ATLAS TEMÁTICOS

RELACIÓN DE TÍTULOS

CIENCIAS EXACTAS

Atlas de Matemáticas (Análisis + Ejercicios)
Atlas de Matemáticas (Álgebra + Geometría)
Atlas de Física
Atlas de Química
Atlas de Prácticas de Física y Química

CIENCIAS COSMOLÓGICAS

Atlas de Geología
Atlas de Mineralogía
Atlas de la Naturaleza
Atlas de los Fósiles
Atlas de la Arqueología

CIENCIAS NATURALES

Atlas de Zoología (Invertebrados)
Atlas de Zoología (Vertebrados)
Atlas de Parasitología
Atlas de Biología
Atlas de Botánica

CIENCIAS PURAS

Atlas del Átomo
Atlas de la Astronomía
Atlas de la Meteorología
Atlas de la Microscopia
Atlas de la Informática

ANATOMÍA

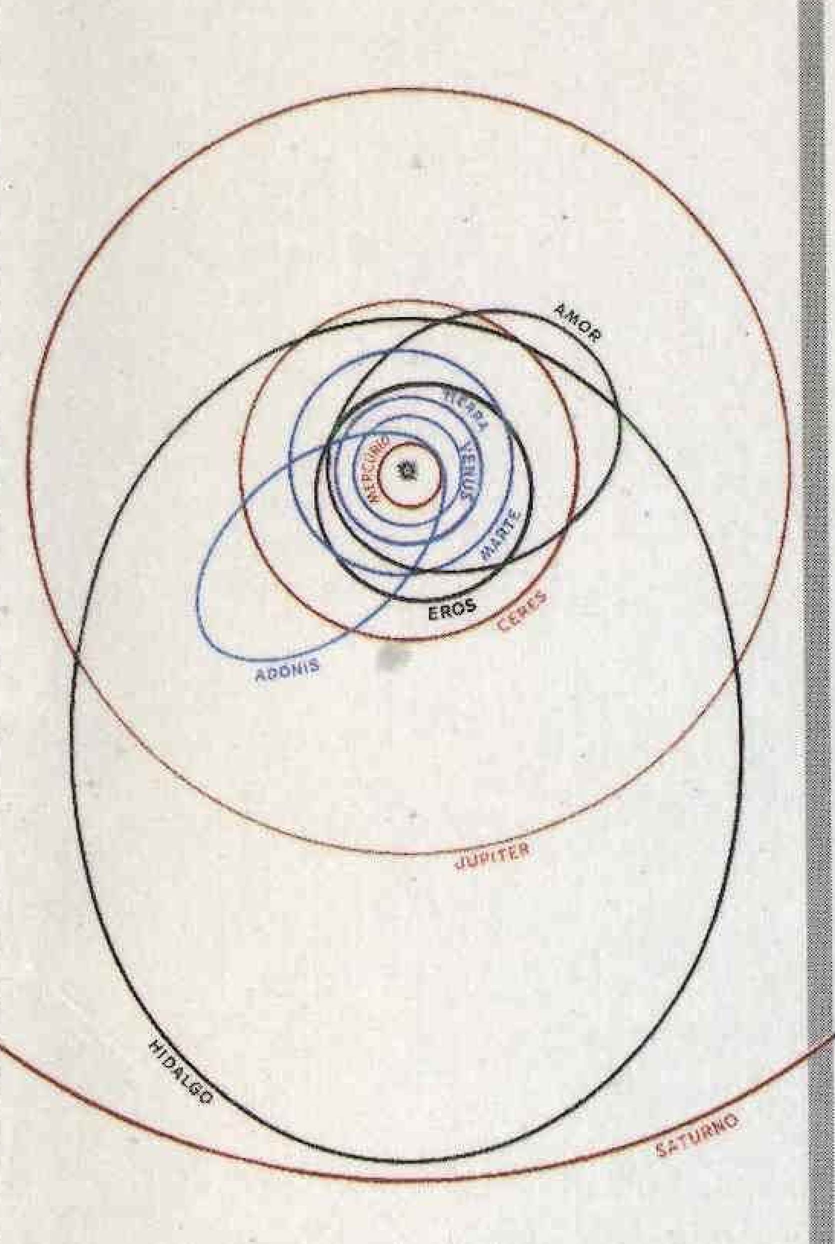
Atlas de Anatomía Animal
Atlas de Anatomía Humana
Atlas del Cuerpo Humano
Atlas del Hombre
Atlas de la Cirugía

ASTRONOMIA

ATLAS TEMÁTICO

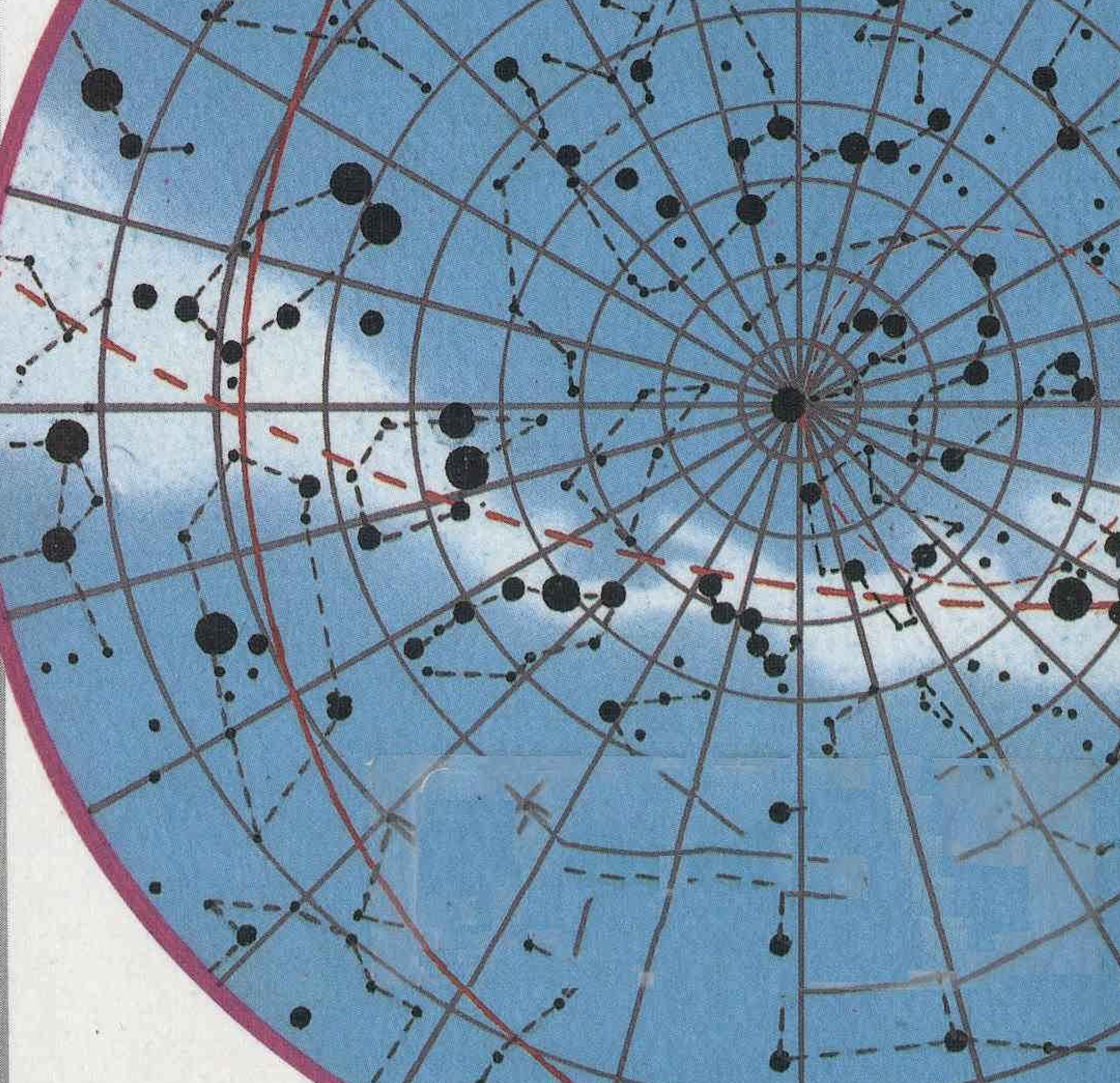
ASTRONOMÍA

Meteorito

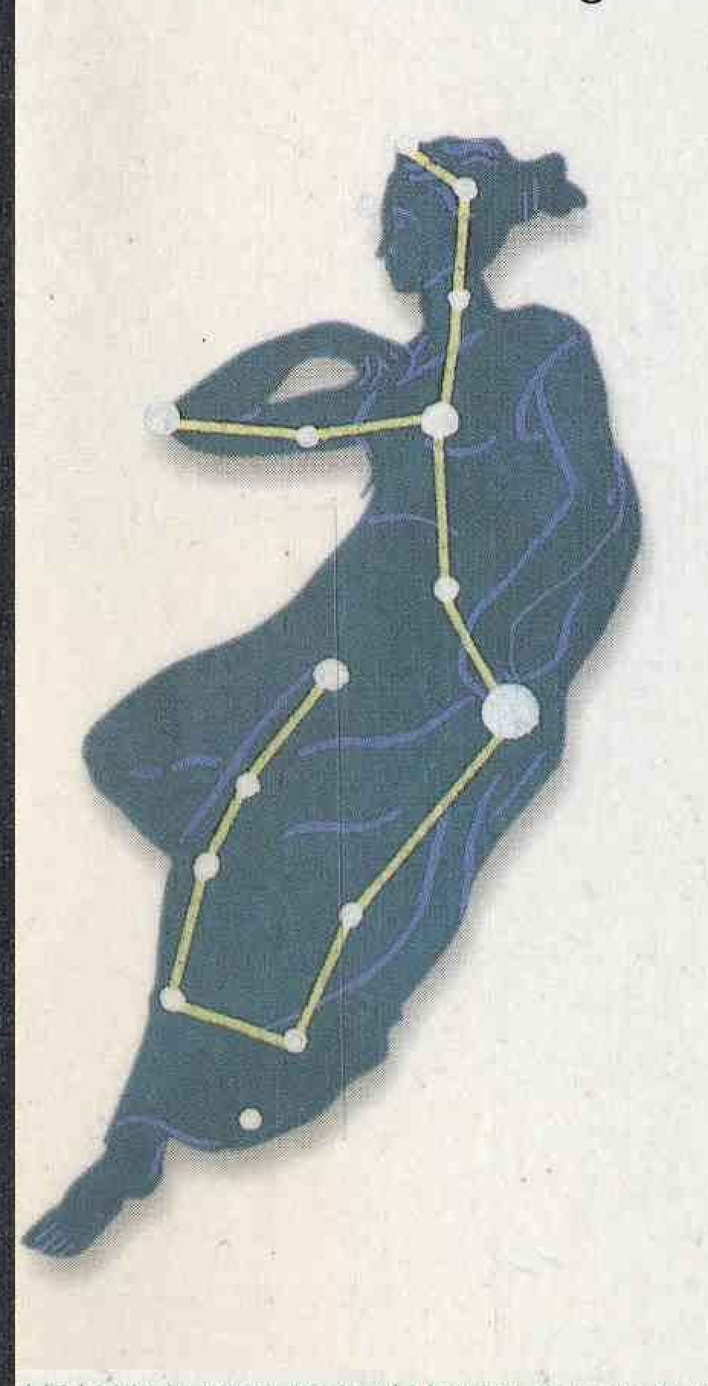


Órbitas excéntricas de algunos pequeños planetas

Hemisferio boreal



Constelación zodiacal deVirgen



ASTRONOMÍA

IDEA BOOKS, S.A.

Título de la colección
ATLAS TEMÁTICO

Texto e ilustración

Redacción / Ignacio Puig, S. I.

Ilustraciones / Santiago Prevosti, Martín Martínez

Fotografías / Enosa

Diseño de la cubierta / Lluís Lladó Teixidó

Printed in Spain by
Emege, Industria Gráfica, Barcelona

EDICION 1997

PRÓLOGO

El presente Atlas tiene por objeto difundir por los países de habla española el conocimiento de una de las ciencias más atractivas y llenas de encantos, la Astronomía. Para vulgarizarla, no hemos creído conveniente, como hizo, pongamos por caso, el famoso Flammarion, echar mano de fantasías ni de exageraciones, sino sólo referir, con la mayor claridad posible, las modernas conquistas astronómicas, no sin dar a entender, en la misma forma de exponerlas, cuándo se trata de hechos definitivamente adquiridos, o cuándo de suposiciones de determinados astrónomos.

Con objeto de hacer asequible al mayor número de lectores este Atlas de Astronomía, hemos omitido en absoluto todas las fórmulas matemáticas, y, en cambio, como corresponde a un Atlas, van intercaladas magníficas láminas a todo color, que ayudarán a hacer comprender mejor el proceso de los fenómenos naturales o de los métodos de observación descritos en el texto. Los aparatos y objetos celestes han sido también cuidadosamente seleccionados, con el fin de que en la obra hubiera al menos alguna representación de cada una de las clases de astros que pueblan los espacios.

Al explanar una ciencia, como la Astronomía, que cual ninguna otra se presta a diversas consideraciones filosóficas acerca del pasado y del porvenir del Universo, no podíamos por menos de prestar especial atención a estos extremos, según lo hemos procurado hacer brevemente en su lugar. No hemos agotado, ni de mucho, la materia, dados los estrechos límites en que había de desenvolverse esta nuestra exposición; pero hemos procurado ponerla al día incluso con la inserción de ampliaciones de la Astronomía: la Radioastronomía y la Astronáutica.

Aun cuando este Atlas vaya primordialmente enderezado a personas deseosas de instruirse en Astronomía, no por esto hemos olvidado a los escolares, sino, antes al contrario, hemos procurado desenvolver las diferentes nociones astronómicas de forma que pudiese también servir de texto de clase.

IGNACIO PUIG, S. I.

La Tierra

VISIÓN DE CONJUNTO

Imaginémonos que en un día sereno nos hallamos, a la caída de una tarde, en una prominencia desde donde se divisa en todas direcciones el horizonte. El Sol está a punto de ocultar su dorado disco. Aquella parte por donde desaparece el Sol constituye uno de los llamados *puntos cardinales,* a saber, el poniente u oeste (O). A medida que el Sol se hunde bajo el horizonte, comienzan a aparecer en el firmamento puntitos brillantes, cuyo número aumenta progresivamente, conforme va oscureciendo: son los cuerpos celestes o *astros,* los cuales diríase que se hallan como enclavados en una inmensa cúpula o *bóveda celeste.*

Observaremos en casi todos ellos rápidas variaciones de luz, el llamado *centelleo:* son las *estrellas;* otros poquísimos astros aparecen con luz inalterable: son los planetas. Las estrellas son globos de colosales dimensiones dotados de luz propia; en cambio, los planetas son globos de dimensiones mucho más modestas, situados a distancias relativamente pequeñas y, además, de suyo, oscuros, pues la luz con que se nos ofrecen es reflejada del Sol.

La observación de estos astros nos revela un movimiento de conjunto en torno de una recta imaginaria, llamada *eje del mundo;* por esto si, durante varias horas, tuviéramos enfocada al cielo una cámara fija, al revelar la placa, obtendríamos una serie de porciones de circunferencia de diferentes radios, pero con un centro común, debidas a las varias estrellas situadas dentro del campo fotográfico; y en el caso de haberse ejecutado esta observación en el hemisferio norte de la Tierra, por ejemplo, en España o en México, se advertiría, casi en el mismo centro común, la estrella *polar,* por hallarse junto al polo Norte y, por tanto, sin participar apenas de este movimiento circular de los astros, conocido con el nombre de *movimiento diurno.*

Si observásemos las estrellas y los planetas en el decurso de varias noches, advertiríamos que las estrellas conservan siempre las mismas posiciones relativas, por lo cual se llaman *fijas,* al paso que los planetas se han desplazado de las estrellas, lo cual hace que se los llame *errantes.* Esta fijeza relativa de las estrellas ha permitido reunirlas en grupos, llamados *constelaciones.*

Excepcionalmente, se divisan en el cielo otros astros, errantes, de forma caprichosa, consistente en una luminosidad acompañada de un largo y tenue resplandor: son los *cometas.* En cambio, se observarán con bastante frecuencia unos súbitos fulgores, que, a manera de cohetes, cruzan el firmamento, para desaparecer a los pocos instantes: son las *estrellas fugaces,* debidas a diminutos fragmentos de astros que se ponen incandescentes, hasta volatilizarse, al rozar con la atmósfera terrestre.

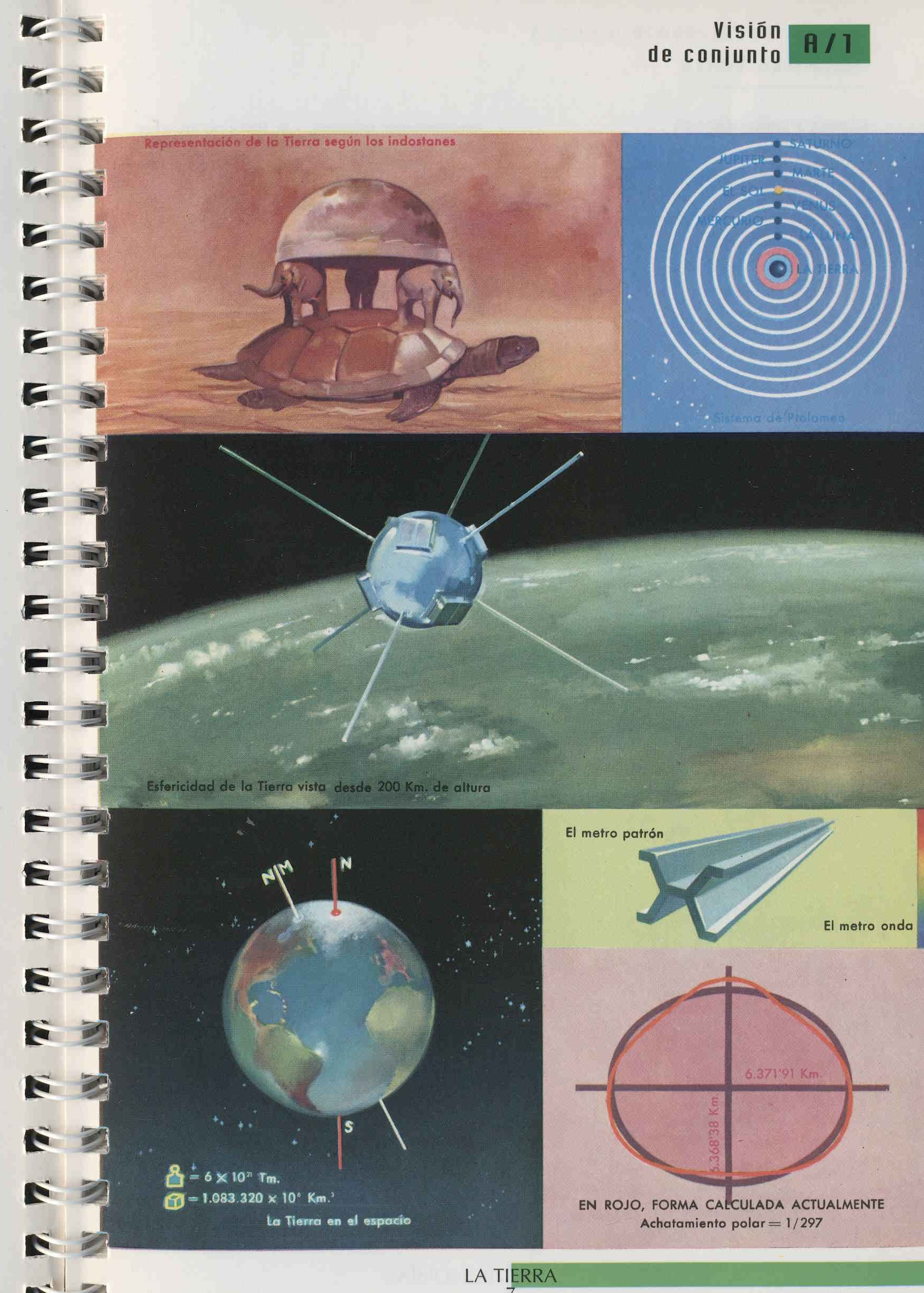
Todavía puede observarse en el firmamento una inmensa banda irregular, blanquecina, que abraza todo el cielo: es la *Vía Láctea* o *Camino de Santiago* o *Galaxia.* Pero fuera de esta gran nube estelar o *nebulosa,* aparecen, además, otras tenuísimas nubecillas sólo observables con el telescopio, y de dimensiones reales comparables a la Vía Láctea: son las *nebulosas extragalácticas.*

Según la época del año, una vez anochecido, nos sorprenderá, por la parte contraria a la puesta del Sol, o sea por oriente, levante o este (E), la aparición de la *Luna,* la cual seguirá en la bóveda celeste un camino parecido al de las estrellas. Con todo, si durante varios días siguiéramos el curso de la Luna, advertiríamos que se corre por entre las estrellas, retrasándose con respecto a ellas y retrasando también la hora de salida: es, por lo tanto, un astro errante y desprovisto de luz propia, pues la que ostenta no es sino reflejada del Sol.

También habremos podido advertir que las estrellas cercanas a la polar siempre han estado a nuestra vista: son las *circumpolares;* al paso que las restantes, más alejadas del polo, han ido, unas saliendo sucesivamente por el oriente, y otras escondiéndose por el occidente.

Ya de madrugada, otro resplandor por oriente llamado *aurora* nos anunciará la próxima salida del Sol, con lo cual desaparecerán los encantos del cielo estrellado. Durante el día, el Sol seguirá un camino parecido al de las estrellas, hasta que, al mediodía, llegará al máximo de altura, para descender de nuevo durante la tarde por la parte de poniente.

En el decurso del año se observará que el Sol, a mediodía, no siempre sube o *culmina* a la misma altura todos los días: en verano sube más, y los edificios proyectan sombras cortas; en invierno sube menos, y aquéllos proyectan sombras más largas. Todavía existe otra particularidad en el curso del Sol, según los parajes de la Tierra: en el ecuador, el Sol siempre sigue un curso perpendicular al horizonte; en cambio, en las zonas templadas, el Sol nunca llega al *cenit,* sino que siempre sigue un curso oblicuo con respecto al horizonte, poco acentuado en verano y muy acentuado en invierno.



FORMA Y DIMENSIONES

Ideas de los antiguos

Ahora todo el mundo sabe que la Tierra es redonda; no así los antiguos, que imaginaron las más fantásticas suposiciones sobre su forma. Partiendo del principio de que la Tierra era plana o ligeramente convexa y de que estaba apoyada sobre algo, los antiguos indostanos se la representaban sostenida sobre tres colosales elefantes, situados sobre una enorme tortuga que flotaba sobre un océano universal. El filósofo griego Tales de Mileto, seis siglos antes de Jesucristo, suponía que la Tierra era como un inmenso disco flotante sobre los océanos. Los caldeos creían que la Tierra era hueca, pero descansando en una especie de soporte de raíces infinitas.
Ante estas concepciones, que a nosotros nos parecen tan ridículas y que los antiguos tomaban bien en serio, era preciso suponer que, durante la noche, el Sol se apagaba y luego retrocedía su camino sin ser visto hacia oriente, para volver a encenderse al día siguiente y reanudar la ruta de levante a poniente. Otros incluso se imaginaban orificios y túneles por debajo de la Tierra, que permitían el paso de los astros.
Con todo, aún en la antigüedad, no faltaron algunos sabios, como Pitágoras y Filolao, que apuntaron la idea de que la Tierra era esférica y hasta la de que daba vueltas alrededor del Sol. Pero pronto esta nueva concepción se eclipsó, subsistiendo solamente la de la redondez de la Tierra y su aislamiento en el espacio, cosas ambas que sustentaron Aristóteles y Tolomeo, con toda la escuela de Alejandría.

Redondez de la Tierra

Pero la demostración palpable de estas concepciones no vino sino mucho más tarde, con los grandes viajes de los siglos XV y XVI, especialmente con el de circunvalación de Magallanes y Sebastián Elcano, por el que se vio como la Tierra es esférica y que no se apoya en ninguna parte.
Luego fueron dándose otras pruebas, como el aparecer el horizonte del mar desde cualquier sitio elevado, por ejemplo, desde el pico de Teide en la Canarias, cual una superficie líquida, limitada por una línea circular cuyo centro ocupamos. Otra prueba directa de la esfericidad de la Tierra nos la dan los eclipses de Luna, en los que la proyección de la sombra de la Tierra sobre aquel astro aparece siempre circular. Se aducía también como prueba el hecho de que los demás astros: Sol, Luna y planetas, son sensiblemente esféricos, y la Tierra no iba a ser una excepción.
Hoy día, ya no es menester recurrir a todos estos argumentos desde que se han lanzado artefactos que están dando vueltas a la Tierra, cuales son los satélites artificiales.

Dimensiones de la Tierra

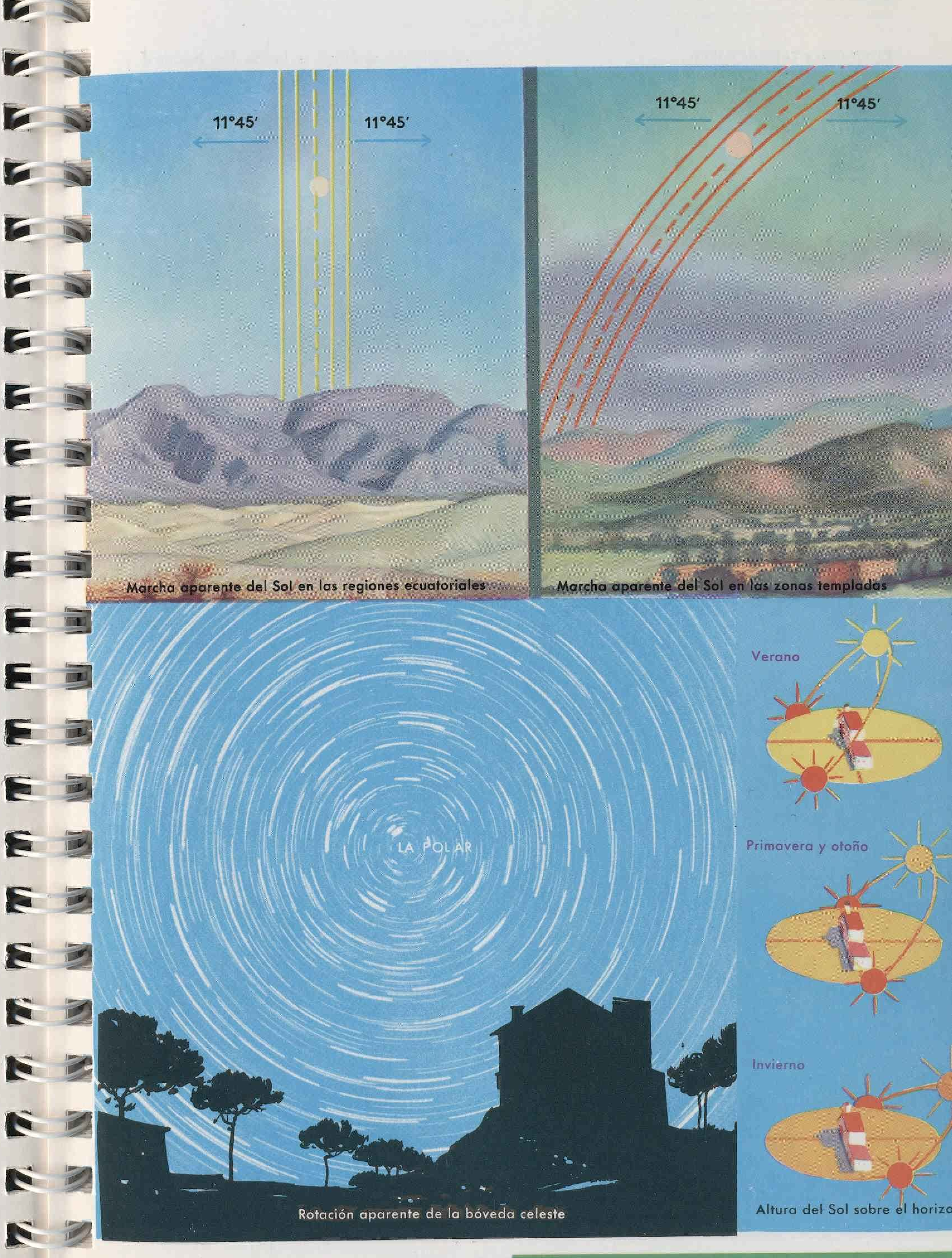
Investigaciones de gran precisión han demostrado que la Tierra no es perfectamente esférica, sino un esferoide o elipsoide de revolución, debido al hecho de que, habiendo estado en otro tiempo bajo consistencia líquida o pastosa, se ensanchó algo por el ecuador y, en consecuencia, quedó algo achatada por los polos.
He aquí las características numéricas de la Tierra:

Diámetro ecuatorial	12.743,82 km
Diámetro polar	12.736,77 "
Radio ecuatorial	6.371,91 "
Circunf. polar	40.000,00 "
Circunf. ecuatorial	40.076,60 "
Aplastamiento	1/297
Superficie total	510.000.000 km^2
Volumen	1.083.320 × 10^6 km^3
Masa	6 × 10^{21} toneladas
Densidad	5,52

Llamará la atención de algunos el que la circunferencia pasando por los polos tenga exactamente 40.00 km. Esto se debe a que la distancia desde el polo Norte al ecuador a lo largo de un meridiano, o sea una cuarta parte de la circunferencia entera pasando por los polos, es de 10.000 km, ya que precisamente la diezmillonésima parte de esa distancia ha servido de base para establecer nuestra medida de longitud, que es el *metro*.

Masa de la Tierra

Es de 6.000 trillones de toneladas. Se dirá: ¿cómo se ha llegado a determinar la masa, o si se quiere, el peso de la Tierra? Esto se ha hecho no por pesadas sucesivas, sino recurriendo al estudio de la fuerza de la gravedad, o atracción que la Tierra ejerce sobre los cuerpos que se encuentran en su superficie, la cual depende de la masa total de la Tierra y de la distancia a que el cuerpo en cuestión se halla del centro de la misma.
Precisamente por esto, los cuerpos situados en el ecuador, al nivel del mar, pesan menos que en el polo, también al nivel de mar, por hallarse algo más apartados del centro de la Tierra, y, en consecuencia, ser atraídos con menos fuerza por ésta.



Marcha aparente del Sol en las regiones ecuatoriales

Marcha aparente del Sol en las zonas templadas

Rotación aparente de la bóveda celeste

Altura del Sol sobre el horizo

EL GLOBO TERRÁQUEO

El globo terráqueo se considera formado de las siguientes partes: núcleo central y tres envolturas, llamadas respectivamente litosfera, hidrosfera y atmósfera.

Núcleo

Se le supone de unos 3.400 km de radio, y compuesto, en su mayor parte, de níquel (Ni) y hierro (Fe), por lo cual suele designarse con el nombre de *siderosfera* o también de *nife*, palabra compuesta con los símbolos químicos de aquellos dos metales. Además se cree que también entran en su composición otros metales pesados.
La existencia de elementos tan pesados en el núcleo se ha deducido de la gran densidad del conjunto del globo terráqueo (5,52), lo cual supone en aquél una densidad de 6 a 12, por la presencia de metales densos, tales como níquel (9,0), hierro (7,9), etc., hasta platino (21), dado que los materiales de la parte superior de la corteza terrestre asequibles a nuestra observación directa, por las perforaciones y erupciones volcánicas, ofrecen densidades que oscilan entre 2,5 y 3,5.

Litosfera

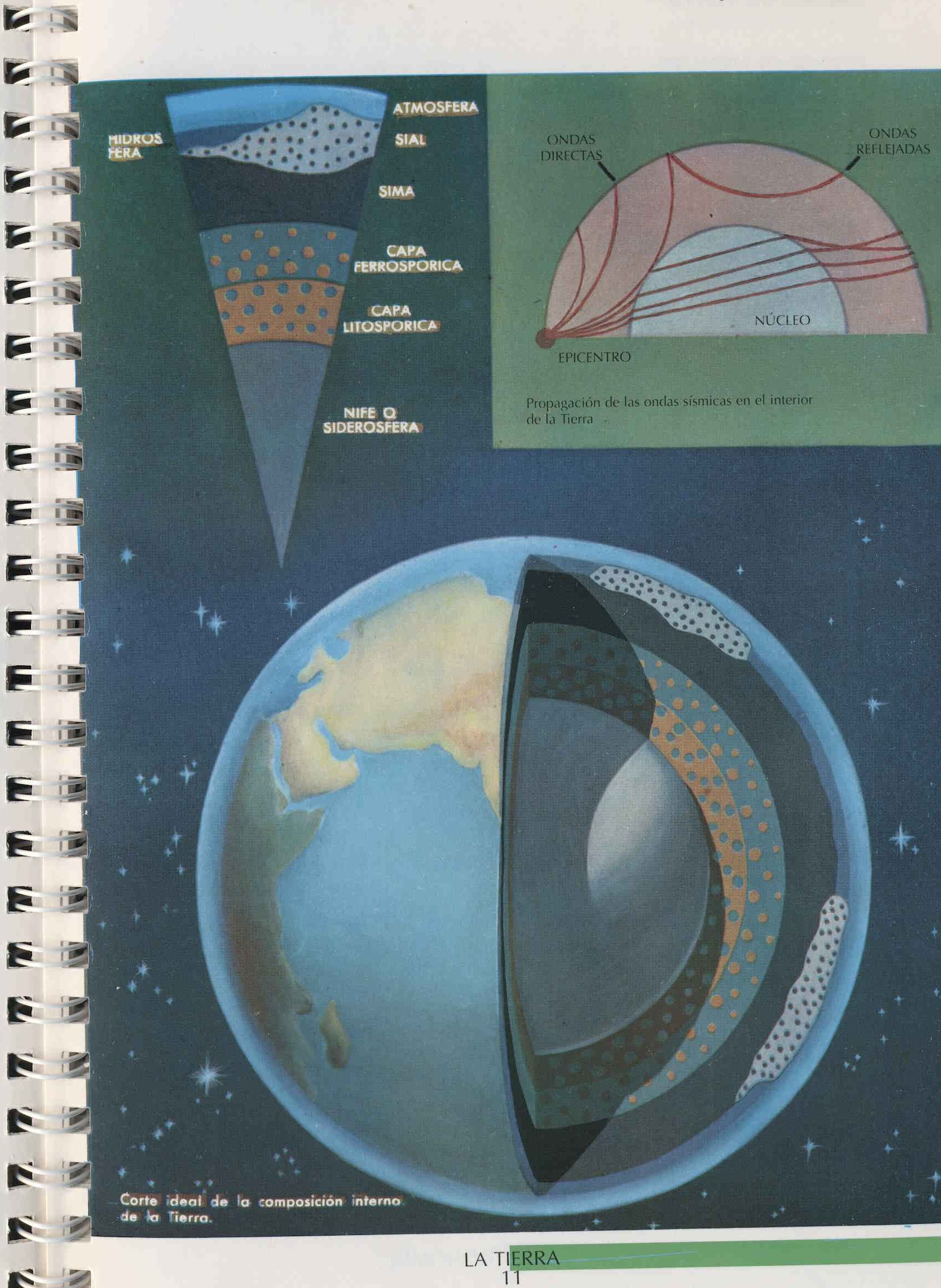
Comprende varias capas. La más profunda, y que rodea inmediatamente al núcleo, es la *capa litospórica*, de unos 700 km de espesor y 5 a 6 de densidad. En ella, ya la proporción de níquel y hierro empieza a disminuir, pues sólo contiene un 50 por 100 de dichos metales, mezclados con óxidos y sulfuros de los mismos, junto con algunos silicatos, particularmente olivino.
Recubriendo la capa litospórica se halla la capa *ferrospórica*, también de unos 700 km de espesor y 4 de densidad, en la que la proporción de níquel y hierro alcanza a ser solamente de un 25 por 100, predominando los silicatos de diversos metales pesados.
Encima de esta envoltura ferroscópica está la *capa peridotítica*, de unos 1.500 kilómetros de espesor y densidad 2,8 a 3,4, compuesta principalmente por silicatos pesados ferromagnésicos, lo cual le ha valido el nombre de *sima*, formado con las primeras letras de los elementos predominantes: silicio y magnesio. Los minerales en ella más abundantes parecen ser el olivino, el piroxeno y algunos feldespatos.
Finalmente, está la verdadera *corteza terrestre*, de 70 km de espesor y 2,7 de densidad, envolviendo la capa anterior, aunque no totalmente. Los 50 kilómetros más profundos tienen una composición análoga a la de los basaltos y gabros, y los restantes 20 km superficiales se componen de silicatos ligeros, en forma de rocas graníticas y dioríticas, en las cuales abunda el aluminio (Al), por lo cual esta zona se llama *sial*. Las tierras emergidas de esta corteza alcanzan 147,93 millones de km^2, siendo la altitud máxima de 8.845 m en la cordillera del Himalaya, y la media, una planicie de 700 metros de altura sobre el nivel del mar.
La existencia de esas capas se ha deducido del estudio de las ondas sísmicas, que se propagan por el interior de la Tierra a diversas velocidades y en variadas formas, con reflexiones producidas en las distintas capas del interior.

Hidrosfera

Es la capa de agua que recubre las dos terceras partes de la corteza y capa peridotítica, y que llamamos *océanos* y *mares*. Su extensión, pues, alcanza 362,17 millones de km^2, y la profundidad media, o sea la profundidad que tendrían los océanos si, con la misma superficie, se allanaran las irregularidades todas de su fondo, es de 4.000 m, lo cual representa un espesor de 3.000 metros sobre toda la superficie terrestre allanada, incluyendo la actual de los mares, de los continentes e islas. La profundidad máxima se halla en el Océano Pacífico y llega a los 10.430 metros. Ahora bien, esta agua ocupa un volumen de 1.500 millones de kilómetros cúbicos, siendo su peso total, a la densidad 1, de un trillón quinientos mil billones de toneladas (15×10^{17}).

Atmósfera

La envoltura más externa del globo terráqueo ofrece el estado gaseoso; es la *atmósfera*. De su altura, sólo se puede aquí decir que paulatinamente se va esfumando hacia el espacio y que, a 2.000 kilómetros de altura, todavía se han reconocido trazas de ella.
El gas que forma la atmósfera se llama *aire*. Consiste en una mezcla de los siguientes elementos químicos: nitrógeno (78,03 por 100). oxígeno (20,99 por 100), argón (0,94 por 100) y anhídrido carbónico (0,03 por 100). Contiene, además, en pequeñísima proporción, los siguientes gases raros: neón, helio, criptón y xenón, y cantidades variables de vapor de agua.
La atmósfera ejerce un peso o presión sobre el suelo, la cual, como es sabido, se mide por la elevación de la columna barométrica. Esta presión o peso al nivel del mar es de 1,033 kilogramos por centímetro cuadrado de superficie, o sea 10.330 kilogramos por metro cuadrado.



Propagación de las ondas sísmicas en el interior de la Tierra

Corte ideal de la composición interna de la Tierra.

FENÓMENOS TERRESTRES

Erupciones volcánicas

Se trata de una de las manifestaciones más grandiosas y espectaculares de la corteza terrestre, cual es la emisión de materiales del interior de la Tierra, en estado de ignición. Hasta hace poco, al ver que la mayoría de estas emisiones tenían efecto en las proximidades del mar, se creyó que dependían de la infiltración de las aguas marinas.

Hoy día se cree que estas erupciones se deben a dislocaciones de la corteza terrestre que alteran el estado de equilibrio del llamado *magma*, es decir, de los materiales de la parte inferior de la corteza terrestre, sometidos a muy elevada temperatura y a altísimas presiones. Al dislocarse grandes masas de la corteza, se alteran las presiones a que está sometido el magma, lo cual facilita la fusión de los magmas profundos y la evaporación de los gases que contienen.

Esta emisión de materiales al exterior, en estado ígneo, constituye un *erupción volcánica*. Los productos volátiles ascienden a gran altura (hasta 7 y 8 kilómetros) en el seno de la atmósfera. Los líquidos y sólidos se depositan alrededor del orificio de salida, formando el llamado *cono volcánico,* en cuya cima existe una cavidad, conocida con el nombre de *cráter,* prolongado por su parte inferior en una *chimenea,* por la cual ascienden los gases, vapores y materias en fusión. El magma líquido de rocas fundidas constituye la *lava,* que se desliza por las laderas del cono volcánico en forma de corriente.

Terremotos

La inestabilidad de la corteza terrestre, debida a la lenta contracción del núcleo que paulatinamente se va enfriando, provoca movimientos del suelo, más o menos bruscos, llamados *sismos* o *terremotos.* En todo sismo existe un foco o punto de partida, que se llama *centro de conmoción* o *hipocentro,* del cual parten ondas longitudinales y transversales que se propagan a razón de 11.000 y 6.000 m/s, respectivamente.

El sitio de la superficie que se encuentra sobre el centro de conmoción se llama *epicentro* del terremoto. En este punto suele alcanzar su máximo la intensidad del terremoto y de él parten, a manera de ondulaciones sobre el agua, ondas llamadas *superficiales,* cuya velocidad es de unos 3.500 metros por segundo. Por la diferencia de tiempos entre la llegada de unas y otras ondas a un determinado sitio de la Tierra, se calcula con gran aproximación la distancia de este sitio al epicentro.

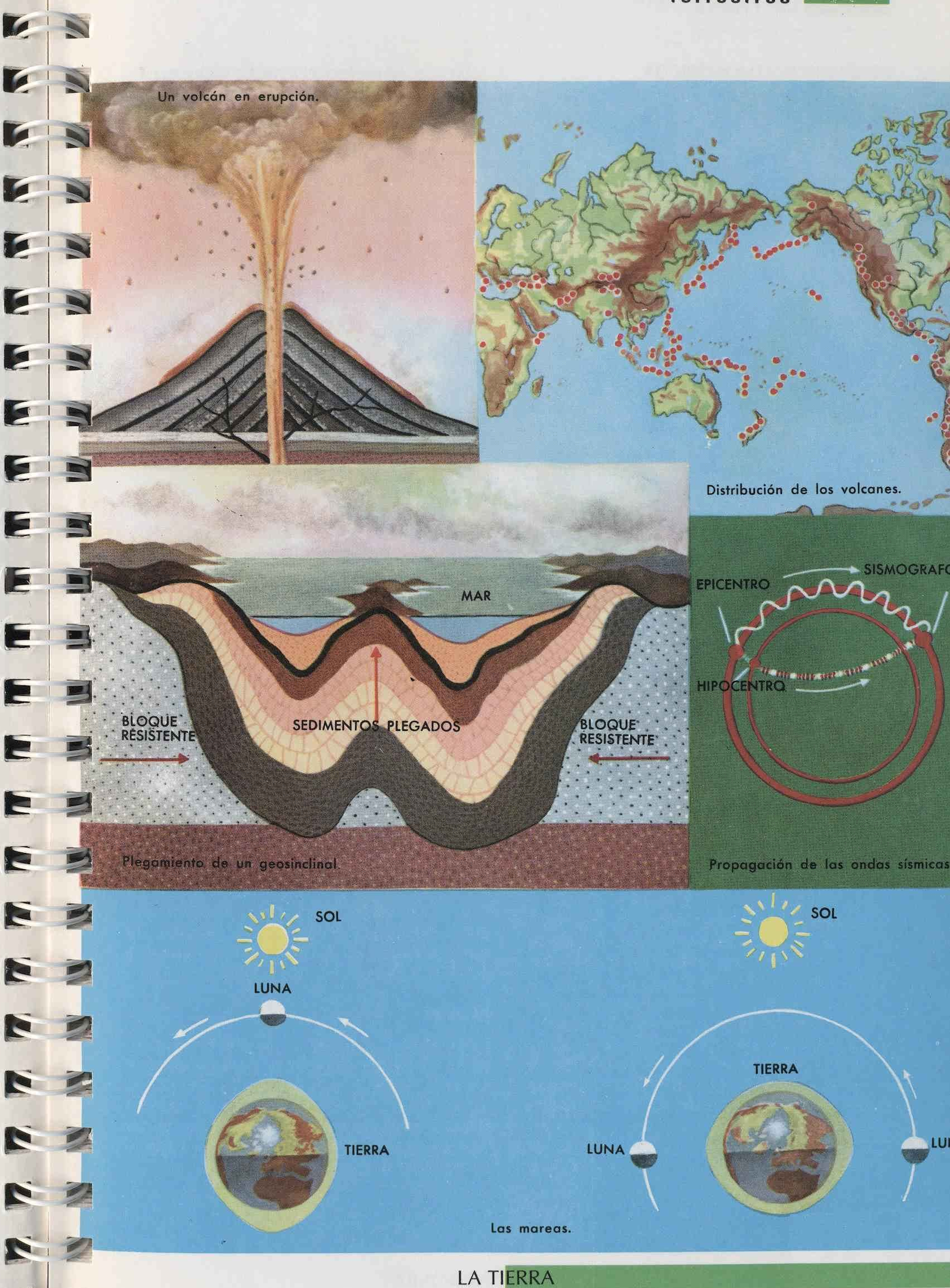
Los aparatos destinados al registro de los terremotos, denominados *sismógrafos,* se fundan en la obtención de un punto relativamente fijo, el cual, mientras se mueve la Tierra, conserva, por decirlo así, la misma posición en el espacio, sin seguir en sus movimientos cuanto le rodea. Para registrar los movimientos *verticales,* se utiliza una masa, suspendida de un resorte en espiral, que está sujeto a un soporte. Dicha masa lleva un estilete cuyo extremo roza suavemente un cilindro, arrastrado por un movimiento de relojería, en el cual se ha fijado un papel recubierto de negro de humo. Mientras la corteza terrestre está en reposo, el estilete marca en el cilindro una línea horizontal, pero al producirse una sacudida vertical, la masa oscila y el estilete va trazando una línea más o menos ondulada, según la intensidad del movimiento.

Los sismógrafos para el registro de los movimientos *horizontales* tienen la masa colocada en el extremo de una varilla horizontal, suspendida aquélla por dos hilos cuyos extremos se encuentran en la misma vertical. El estilete de la masa va marcando sobre el cilindro la línea sinuosa de las oscilaciones a que está sometida la masa del aparato, por efecto de los movimientos horizontales del suelo.

Movimientos orogenéticos

El estudio de la corteza terrestre ha revelado que los materiales de ésta han estado sujetos a enormes presiones que han modificado profundamente la posición de las capas de tierra depositadas en el fondo de los mares, en cuencas alargadas, llamadas *geosinclinales.* Cuando, por cualquier circunstancia, disminuye la distancia entre los bordes o topes que limitan la cuenca marina, donde existen macizos resistentes y estables, aquélla es fuertemente comprimida por sus lados. Con esto, las capas o estratos situados en el fondo y a temperatura elevada poseen por esta circunstancia cierta plasticidad y se ven obligados a doblarse hacia arriba, describiendo un pliegue convexo, origen de la cordillera montañosa. Estos movimientos reciben el nombre de *orogenéticos,* lo cual significa "productores de montañas".

Fenómenos terrestres, aunque de origen astral, son las *mareas,* acerca de las cuales se hablará al tratar de las "Influencias lunares".



Un volcán en erupción.

Distribución de los volcanes.

Plegamiento de un geosinclinal

Propagación de las ondas sísmicas

Las mareas.

FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS

Troposfera

La capa más baja de la atmósfera se llama *troposfera,* palabra que significa *zona de las perturbaciones,* y también *biosfera,* porque en ella se desarrolla la vida animal y vegetal. Va desde el nivel del mar hasta los 8.000 m de altura, en las regiones polares, y 18.000 m en las ecuatoriales, y su temperatura decrece hasta –56 °C, en la parte alta. En ella tiene su asiento casi todo el vapor de agua de la atmósfera y se desarrollan la mayoría de los fenómenos llamados meteorológicos, tales como vientos, nubes, lluvia, nieve, granizo y rayo.

Las condensación del vapor de agua en gotitas, cuando se realiza en las capas bajas de la atmósfera, constituye la *niebla,* y en las altas, las *nubes.* Éstas, por su forma, se clasifican en: *cirros,* cuando son filamentosas, blanquecinas y sin sombras; *cúmulos,* si son redondeadas, con sombras y bordes muy brillantes; *estratos,* si se presentan en capas extensas y continuas; *nimbos,* cuando son oscuras y producen lluvia. Combinando estos tipos, se obtienen otros varios, tales como *cirrostratos, estratocúmulos, cumulonimbos,* etc.

Cuando las gotitas que forman la nubes alcanzan un diámetro de 0,07 milímetros, caen y, si llegan al suelo, constituyen la lluvia. Ésta se mide en los *pluviómetros* o *pluviógrafos,* y se expresa en milímetros o en litros por metro cuadrado.

Si las gotitas que forman las nubes se precipitan lentamente en aglomeraciones de cristales estrellados, llamados *copos,* constituyen la *nieve;* si la congelación es repentina y los cristales suben y bajan en el seno de la nube arrastrados por los vientos verticales, adquieren nuevas capas de hielo, al tropezar con gotitas de agua en estado de sobrefusión, transparentes unas y opacas otras, y constituyen el *granizo.*

Sobre todo en verano, se producen descargas eléctricas denominadas *rayos,* entre dos nubes con electricidad de signo diferente o entre una nube y tierra. En el breve tiempo que duran las descargas, se origina un súbito calentamiento del aire, que, por la brusca dilatación producida, da lugar al *trueno.* Todas las descargas eléctricas producen trueno; si éste no se percibe en los llamados *relámpagos de calor,* es porque aquéllas se desarrollan a más de 20 km de distancia.

En el campo, para defenderse del rayo, no es recomendable un carro, árbol o choza, porque sobresale del terreno; el remedio mejor es tumbarse en el suelo lejos de todo objeto metálico y sobresalir lo menos posible, aun a riesgo del remojón. La más eficaz defensa de los edificios contra el rayo son los *pararrayos,* pero no los clásicos con bajada sujeta a aisladores, sino los consistentes en cintas metálicas dispuestas a lo largo de las aristas del tejado y de las fachadas, perfectamente soldadas entres sí y también con los elementos metálicos de la casa, tales como tuberías, canales, rejas y barandas de balcones.

Estratosfera

En el límite superior de la troposfera se halla una estrecha zona de transición llamada *tropopausa;* el espacio comprendido entre esta zona y los 80 km de altura constituye la *estratosfera,* designada con este nombre porque en ella no se registran corrientes de aire verticales y sí, en cambio, débiles corrientes horizontales.

En esta zona, particularmente entre los 40 y 50 kilómetros de altura, la absorción de las radiaciones ultravioletas del Sol provoca un aumento de temperatura hasta +72 °C y la formación de ozono; por ello esta región se llama *ozonosfera.*

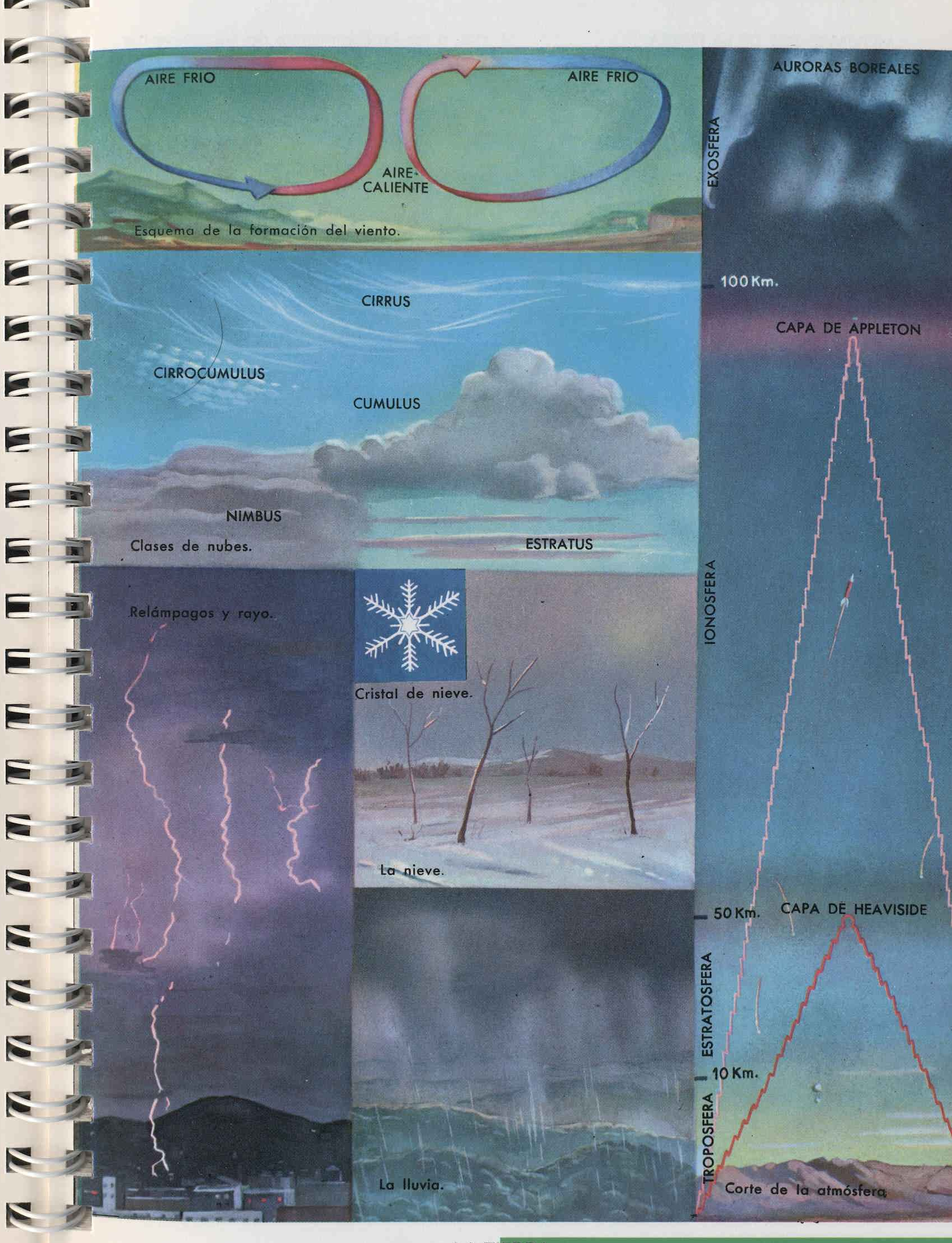
Ionosfera

A partir de los 80 km comienza un descenso de temperatura y, en consecuencia, una nueva zona, conocida con el nombre de *ionosfera,* la cual se llama así a causa de la gran cantidad de átomos en estado iónico por acción de los rayos cósmicos y de los ultravioletas procedentes del Sol. El espesor de la ionosfera se hace llegar hasta los 300 km de altura.

En la ionosfera, la ionización se encuentra concentrada en tres capas: la inferior *E* o de *Kennelly-Heaviside,* se extiende desde los 110 hasta los 150 km, y en ella se produce la reflexión de las ondas hertzianas y, gracias a ella, llegan éstas a grandes distancias. Las otras dos capas se llaman de *Appleton:* F_1 entre los 180 y 230 km, y F_2 entre los 230 y 350 kilómetros.

Exosfera

La atmósfera –más allá de los 300 kilómetros– recibe el nombre de *exosfera.* Se extiende hasta los 800, 1.000 y más kilómetros. En ella se manifiestan predominantemente las *auroras polares,* producidas por el bombardeo, en las altas capas atmosféricas, de los rayos catódicos o electrones expulsados del Sol.



Esquema de la formación del viento.
Clases de nubes.
Relámpagos y rayo.
Cristal de nieve.
La nieve.
La lluvia.
Corte de la atmósfera.

MOVIMIENTOS DE LA TIERRA

Los astrónomos han descubierto hasta catorce movimientos de la Tierra, pero los principales son: 1. Rotación del Este al Oeste, en 23 h y 56 mn – 2. Revolución anual alrededor del Sol. – 3. Marcha a través del espacio, juntamente con el Sol.

Rotación de la Tierra

Fue el más difícil de concebir por los antiguos, pues este movimiento suponía la existencia de antípodas, cosa incomprensible para la mayoría de aquellas gentes. Las pruebas que demuestran esta rotación son:

1.ª En el caso de que la Tierra no girase, deberían las estrellas efectuar cada día una vuelta a nuestro planeta, lo cual es inadmisible, dadas las enormes y variadas distancias a que se encuentran.

2.ª Por el péndulo. El plano de oscilación de este aparato posee la propiedad de permanecer invariable en el espacio, o sea paralelo a sí mismo, aun cuando el punto de suspensión esté sujeto a un movimiento de rotación. En el polo, el plano del péndulo parecerá que da, con respecto al suelo, una vuelta completa en 24 horas; al paso que en el ecuador no mostrará, con relación al suelo, ningún giro o rotación, el cual será tanto mayor cuanto el lugar de observación esté más cercano al respectivo polo. Esto se comprobó el año 1852, en una célebre experiencia efectuada por Léon Foucault en el Panteón de París.

3.ª Por analogía. Los demás planetas y astros, en general, están dotados de un movimiento de rotación; luego es lógico suponer que la Tierra posee también este movimiento.

Revolución en torno al Sol

Las razones en que se funda la creencia en el movimiento de la Tierra alrededor del Sol son:

1.ª La grandeza de la masa solar. Esta masa es 324.000 veces mayor que la Tierra; parece, pues, absurdo que esta última sea el centro de atracción con respecto a una masa tan enorme, obligando al Sol y a los planetas a girar a su alrededor.

2.ª La analogía con los demás planetas. Se sabe que Venus, Marte y los demás planetas giran en torno al Sol, y ¿sólo la Tierra va a ser una excepción?

3.ª La naturalidad con que explica las apariencias, o sea los corrimientos del Sol a través de las estrellas y los movimientos raros de los planetas a través de las constelaciones de las estrellas. Los antiguos, para explicarlos, tuvieron necesidad de idear nada menos que 72 círculos de cristal, metidos unos dentro de otros con movimiento independiente, y esto que sólo conocían 5 planetas. ¿Qué cantidad de círculos de cristal y qué complicación tan exorbitante debería presentar el cielo en la actualidad, siendo así que ahora se conocen tres planetas más de los mayores y unos 2.000 de los menores?

4.ª Por la existencia de paralajes anuales, o sea de pequeños cambios de perspectiva de las constelaciones; como, cuando se viaja en carruaje por el campo, se advierten continuas alteraciones de perspectiva en los árboles y casas del paisaje.

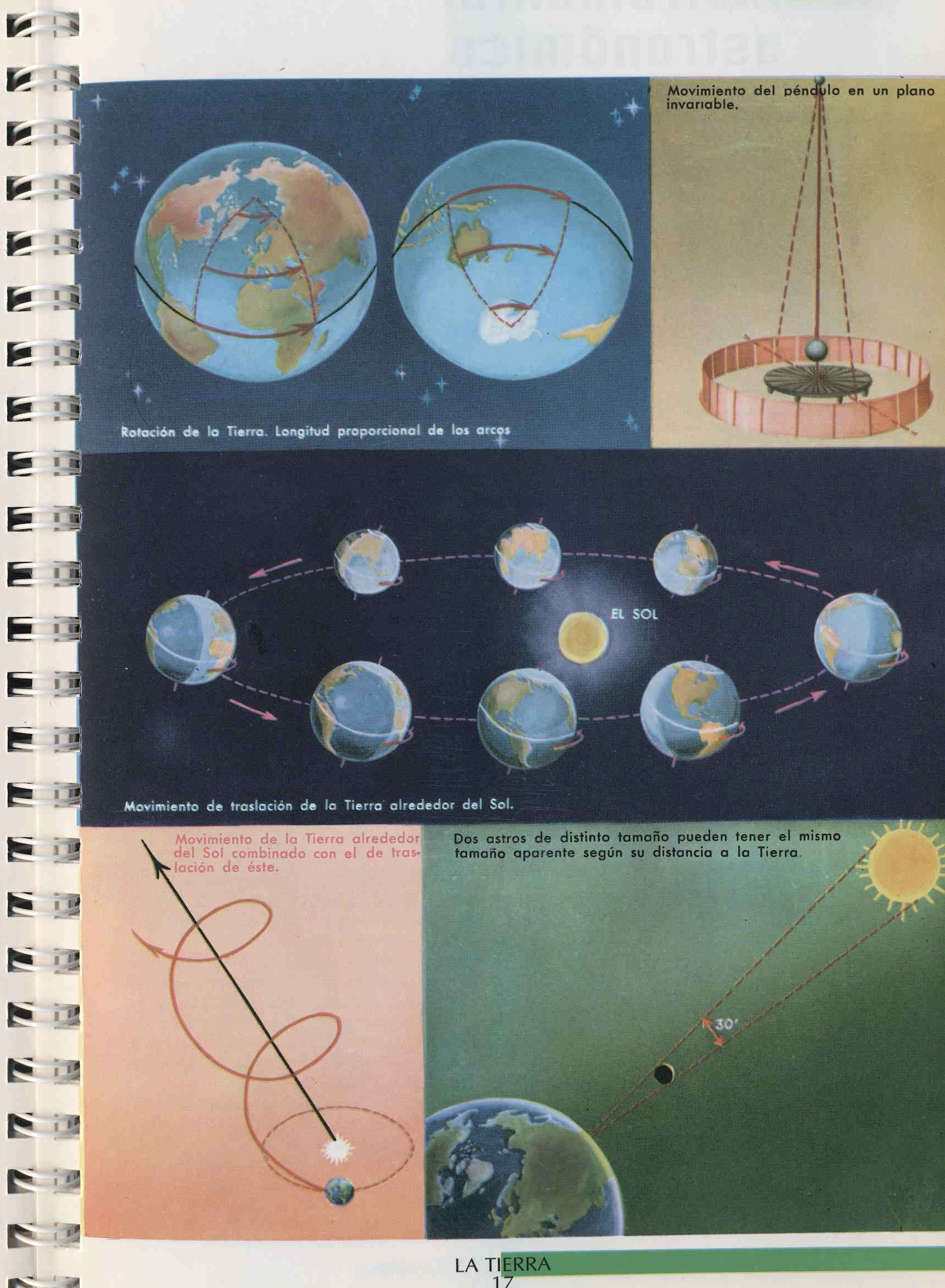
Caracteres de la rotación y traslación

La Tierra emplea 24 horas en dar una vuelta completa alrededor de su eje; por lo tanto, cada hora gira un ángulo de 15°, que en el ecuador terrestre representa una velocidad periférica de 1.665 kilómetros/hora. En las latitudes medias esta velocidad es menor y en los polos, nula.

Por el movimiento de traslación, la Tierra da una vuelta completa alrededor del Sol en una año, a la velocidad de 106.000 kilómetros por hora, o sea de unos 30 km/s. La forma de este camino u órbita no es exactamente circular, sino algo elíptica, de suerte que el Sol ocupa uno de los focos de esta elipse: la mínima distancia, o perihelio, es de 145.700.000 km y la máxima distancia, o afelio, de 151.800.000 km. Además, esta órbita tiene la particularidad de que su plano no es perpendicular al eje de rotación de la Tierra, sino que forma con el ecuador un ángulo de 23° 27'.

Marcha a través del espacio

La Tierra, junto con los demás planetas, marcha, arrastrada por el Sol, a través del espacio dentro de la Vía Láctea o Galaxia, a la velocidad de unos 20 km/s, en dirección hacia una estrella denominada Vega, de la constelación de la Lira. Este movimiento se ha deducido al observar que ciertas estrellas parecían acercarse a la Tierra a dicha velocidad, mientras que las de la parte opuesta parecían huir a la misma velocidad.



Rotación de la Tierra. Longitud proporcional de los arcos

Movimiento del péndulo en un plano invariable.

Movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol.

Movimiento de la Tierra alrededor del Sol combinado con el de traslación de éste.

Dos astros de distinto tamaño pueden tener el mismo tamaño aparente según su distancia a la Tierra.

Instrumental astronómico

LOS INSTRUMENTOS ÓPTICOS

Tres son los principales instrumentos astronómicos: el anteojo astronómico, el espectroscopio y el fotómetro.

Anteojo astronómico

En su forma esquemática, consta de dos lentes, llamadas respectivamente objetivo y ocular. El objetivo da, junto a su foco, una imagen real e invertida de los objetos lejanos, y esta imagen, colocada entre el ocular y su foco, se convierte en una imagen virtual y ampliada. De hecho, suele haber más lentes que las indicadas, para corregir determinados defectos y conseguir que las imágenes sean bien definidas y sin irisaciones. Suelen montarse de diversas maneras.

Círculo meridiano

Así se llama el anteojo astronómico cuando es movible alrededor de un eje horizontal, en un solo plano, que se procura coincida exactamente con el meridiano del lugar de emplazamiento.
El círculo meridiano sirve para determinar, con gran precisión, el momento del paso de los astros por el meridiano del lugar y la altura a que pasan sobre el horizonte en el momento de su *culminación,* o máxima altura.

Teodolito

Consiste en un anteojo astronómico que puede girar alrededor de dos ejes: uno vertical, sostenido por una columna de tres pies, que a menudo es reemplazado por dos columnas laterales; y otro eje horizontal, en uno de cuyos extremos se halla el anteojo. Cada eje lleva su correspondiente círculo: el eje vertical tiene un círculo horizontal, llamado *azimutal,* dividido en 360°; el eje horizontal posee un círculo *vertical,* cuyas divisiones sirven para indicar el ángulo que forma el eje óptico con la vertical señalada por el eje vertical de teodolito.

Ecuatorial

Con los anteojos descritos no puede seguirse el curso de los astros durante su marcha diurna por la bóveda celeste. Esto se logra mediante la montura especial, llamada en *ecuatorial,* que permite dirigir el anteojo a cualquier astro que brille sobre el horizonte y, una vez dirigida la visual al astro, se puede mantener constantemente a éste dentro del campo, mediante un aparato de relojería.

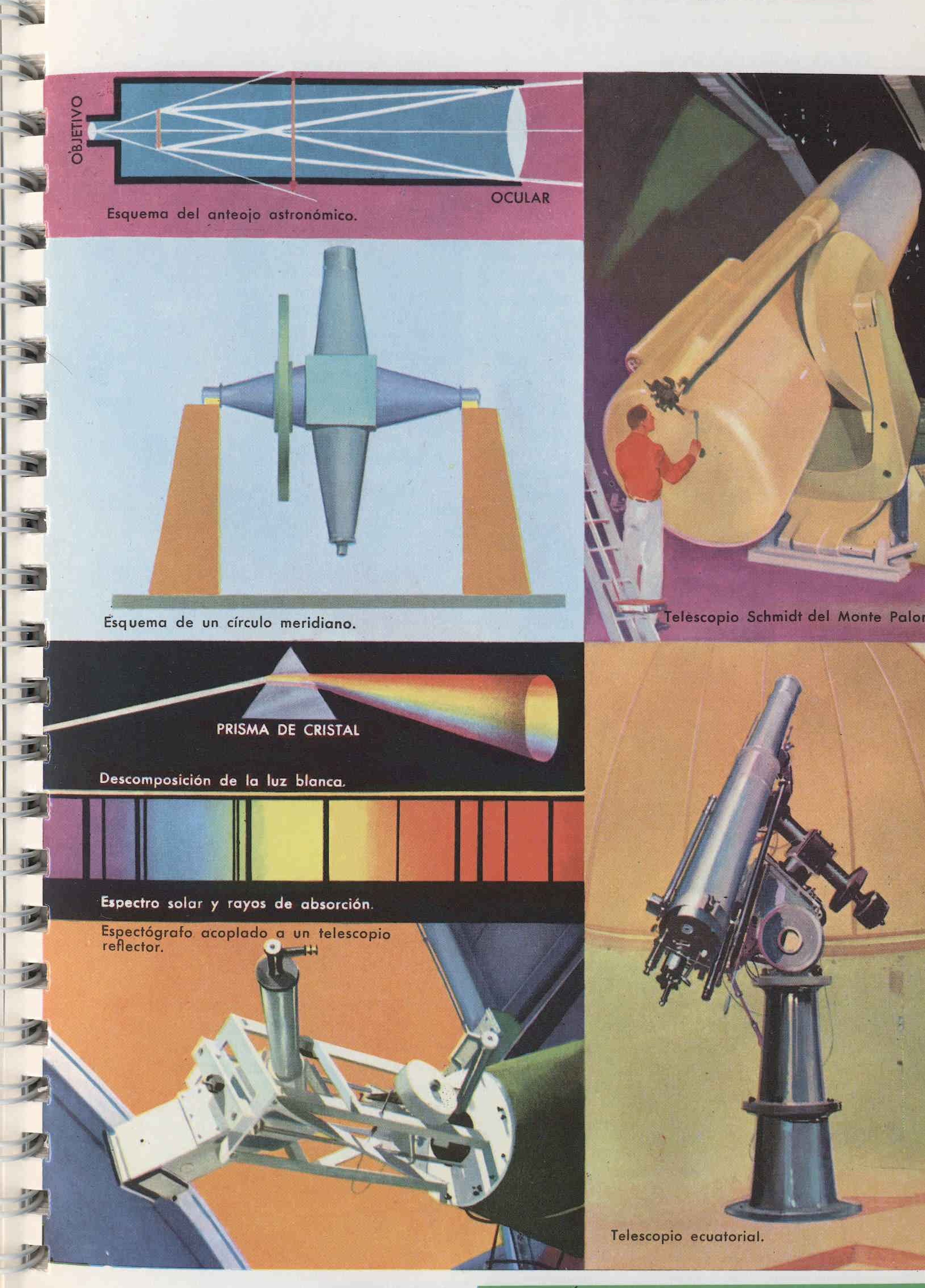
El anteojo ecuatorial puede girar en torno de dos ejes: uno llamado *horario* o polar, que sigue la dirección de la línea de los polos, y otro perpendicular a éste, llamado *eje de declinación;* o sea que la ecuatorial viene a ser un teodolito inclinado, de suerte que el eje principal, en vez de ser vertical, sigue la línea de los polos.
Esta ecuatorial descrita se llama también *telescopio refractor,* para distinguirlo del *telescopio reflector* en que el objetivo, en lugar de ser una lente que concentra los rayos luminosos por refracción, es un espejo paraboloide que los concentra por reflexión.

Espectroscopio

Un aparato muy utilizado para el estudio de los astros es el espectroscopio, que, esencialmente, consiste en un prisma de cristal o en redes de difracción que permiten analizar la luz de los astros, por el poder que poseen de descomponerla o dispersarla en sus colores fundamentales o *espectro.*
Entre sus usos descuellan: la investigación de los elementos químicos constitutivos del Sol y de las estrellas, por el número y disposición de las rayas espectrales; las propiedades físicas de los mismos; las llamadas velocidades radiales, o sea el movimiento de los cuerpos celestes en dirección al observador, por el estudio del desplazamiento de las rayas espectrales, ya hacia el rojo, ya hacia el ultravioleta.

Fotómetro

El espectroscopio sirve par indagar la calidad de la energía que nos llega de los astros, y deducir, por ella, interesantes conclusiones. Pero también puede revelarnos, acerca de ellos, muchas cosas, el conocimiento de la cantidad de energía recibida; esto se obtiene mediante los fotómetros.
Los *fotómetros de estimación visual* consisten en unos anteojos astronómicos dispuestos de manera que, a la vez, puede observarse el astro y una luz artificial, graduable, colocada a determinada distancia. Conociendo la cantidad de luz recibida por el foco artificial, se deduce la proveniente de la estrella.
Los *fotómetros de selenio* se fundan en la propiedad que presenta este metaloide de variar su resistencia eléctrica según la luz incidente.
Los *fotómetros fotoeléctricos* aprovechan la propiedad, descubierta en los metales alcalinos potasio, sodio y cesio, de emitir electrones, proporcionalmente a la iluminación recibida.



Esquema del anteojo astronómico.

Esquema de un círculo meridiano.

Telescopio Schmidt del Monte Palo[mar]

Descomposición de la luz blanca.

Espectro solar y rayos de absorción.

Espectógrafo acoplado a un telescopio reflector.

Telescopio ecuatorial.

LOS RADIOTELESCOPIOS

La radioastronomía

La *radioastronomía* se distingue de la astronomía tradicional, que puede llamarse *óptica*, la cual se sirve de las ondas luminosas, y a diferencia de ésta se sirve de las ondas que captan los aparatos de la radio. Hasta ahora teníamos, para atisbar lo que hay fuera de la Tierra, una sola ventana, las ondas luminosas, de longitudes de onda comprendidas entre 0,4 y 0,7 micras aproximadamente; ahora disponemos de otra ventana, las ondas radioeléctricas, comprendidas entre 0,25 centímetros y 30 m.

El radiotelescopio

Consiste, esencialmente, en una pantalla metálica de forma parabólica, cuyo diámetro depende de las disponibilidades de la institución o del particular uso que con él realiza la instalación. Hasta ahora se han construido radiotelescopios de diámetros comprendidos entre 3 y 76 metros. Con semejante pantalla se recoge la radiación electromagnética procedente del cielo, para concentrarla sobre una pequeña antena situada en el foco. La corriente alterna inducida en la antena por la radiación es amplificada y rectificada, según las técnicas propias de la radiodifusión, y, finalmente, dirigida a un registrador automático de la intensidad.
En la actualidad se construyen radiotelescopios que pueden ser orientados como los telescopios ópticos, o sea en ascensión recta y declinación. Esto, sin embargo, teniendo en cuenta las enormes dimensiones de las pantallas, suele dar lugar a complicados problemas técnicos y constructivos.

Tipos de radiotelescopios

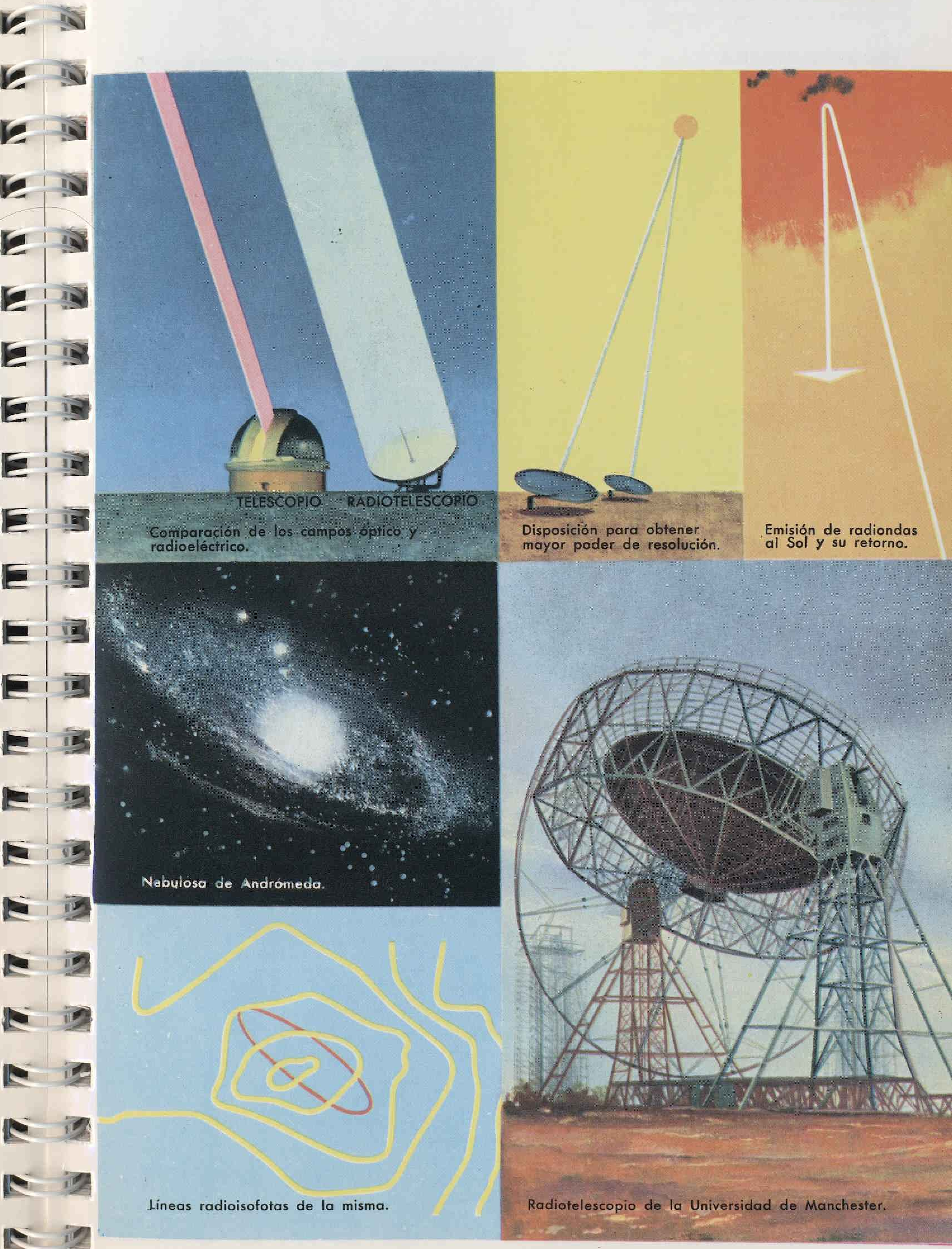
El radiotelescopio descrito es el que podríamos llamar normal, parecido a los telescopios ópticos. Pero es de saber que existen diversas variantes de radiotelescopios, que se distinguen entre sí, sobre todo en la antena (objetivo). La razón de ser de los distintos tipos consiste en lograr un mayor poder separador de los mismos, o sea en poder distinguir objetos muy próximos entre sí.
En los aparatos ópticos (telescopios y microscopios), el poder separador es tanto mayor cuanto más pequeña es la longitud de onda. De aquí que, en los radiotelescopios, el poder separador sea muchísimo menor que en los aparatos ópticos, por tratarse de ondas incomparablemente más largas. En un radiotelescopio de 30 m de diámetro y longitud de onda de 1 m, el máximo poder separador es de 2°. Esto quiere decir que no se podrá precisar en el cielo un punto emisor de radioondas con una precisión mayor de 2°. Para apreciar esta poca precisión, bastará saber que el diámetro aparente del Sol es de sólo medio grado.
Para conseguir mayor precisión, se ha ideado instalar dos antenas separadas entre sí algunos centenares de metros, con los focos unidos por un conductor. Con esto, la anulación de la diferencia de fase de las dos antenas mejora el poder separador del aparato. Aumentando el número de antenas, se perfecciona el poder separador. Tenemos, en este caso, los radiotelescopios con interferómetros.

Detecciones con radiotelescopios

Hasta la fecha, y haciendo uso de varias longitudes de onda, se han detectado emisiones hertzianas procedentes del Sol. En Sol normal, sus emisiones son del orden de 1 a 10 cm de longitud; pero, en tiempo de especial actividad de este astro, las radiaciones aumentan considerablemente y se extienden a mayores longitudes de onda que las citadas. También se han captado ondas radioeléctricas procedentes de los planetas Venus, Marte, Júpiter y Saturno.
Además, se han captado radioemisiones de muchos puntos del cielo, designados, en un principio, con el nombre de *radioestrellas* y después con el de *radiofuentes.* Incluso se han confeccionado mapas en los cuales figuran los focos de máxima intensidad. Pasan de 3.000 estas fuentes de radiaciones observadas en ambos hemisferios, dentro de la gama de 10 cm a 16 m.

Radiorreflexiones de ondas en astros

Dentro de la radioastronomía se ha intentado, y por cierto con éxito, enviar radioondas por el sistema radar a los astros más próximos a la Tierra, que luego han sido recibidas después de reflejadas en dichos astros. Así se ha hecho con el Sol y con la Luna, habiéndose comprobado que ambos astros son radiadores perfectos.
La técnica del radar ha permitido localizar los llamados meteoritos o estrellas fugaces. Esto ha sido posible debido a que, cuando penetran en la atmósfera terrestre, dejan tras de sí una estela ionizada que actúa como reflectora de las ondas de radar enviadas desde la Tierra.



Comparación de los campos óptico y radioeléctrico.

Disposición para obtener mayor poder de resolución.

Emisión de radiondas al Sol y su retorno.

Nebulosa de Andrómeda.

Líneas radioisofotas de la misma.

Radiotelescopio de la Universidad de Manchester.

LOS OBSERVATORIOS

El instrumental astronómico, lo mismo que las máquinas y herramientas, no suele adquirirse simplemente para exhibirlo o para tenerlo bien guardado en vitrinas, sino para hacerlo trabajar. Tratándose de la industria, los locales de trabajo se llaman fábricas y talleres; con respecto a la astronomía, los locales de trabajo se denominan observatorios, porque en ellos se practican observaciones.

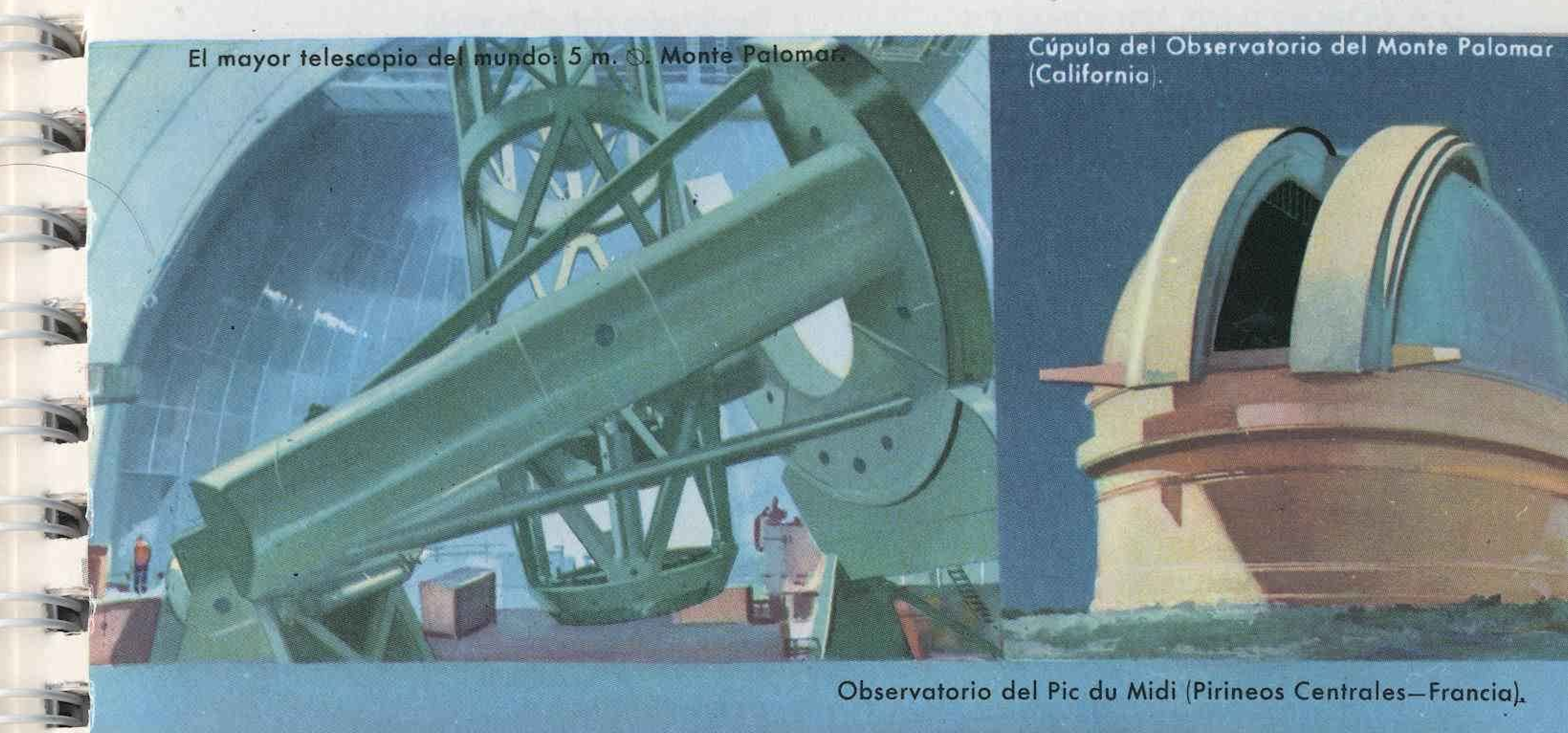
Emplazamiento

La primera condición para efectuar buenas observaciones astronómicas es la quietud del emplazamiento, para asegurar la absoluta inmovilidad de los principales instrumentos. Un horizonte enteramente despejado es condición menos importante, pues no pueden practicarse observaciones precisas cuando las alturas de los astros son inferiores a 5°. Por esto no suelen construirse, como antes, torres astronómicas de gran altura; por el contrario, los instrumentos principales y especialmente el círculo meridiano se colocan en el plano del terreno.
La oscuridad nocturna es condición esencial: un observatorio debe estar alejado de todas las luces artificiales algo intensas. A esta condición no responden ciertamente las grandes ciudades y por esto la tendencia actual es construirlos bastante alejados de ellas y aun en puntos de gran altitud, para tener el aire más diáfano.

Dotación de instrumental

Como locales propios para los instrumentos, todo observatorio debe contar, por lo menos, con una cúpula giratoria para un instrumento montado ecuatorialmente, y con un departamento con abertura de Norte a Sur para el círculo meridiano. Además, el reloj principal ha de estar instalado en un local cuya temperatura sea lo más constante posible. Debe disponer también de cronómetros, así como de relojes de péndulo en el local del círculo meridiano y en el del refractor, y de un aparatito registrador (cronógrafo) junto al círculo meridiano.
Como instrumentos auxiliares no deben faltar instrumentos pequeños para observaciones ocasionales: especialmente un buscador de cometas, termómetros y barómetros para el cálculo de la refracción. Si en el observatorio se han de realizar observaciones astrofísicas, son necesarios equipos espectroscópicos, fotómetros y apartatos fotográficos, al igual que laboratorios en los cuales puedan llevarse a cabo investigaciones fotográficas y físicas.
Las habitaciones destinadas a viviendas de los observadores estaban antes unidas directamente al observatorio, para que pudieran emprenderse las observaciones rápidamente a cualquier hora. Pero poco a poco se ha ido prescindiendo de estas habitaciones unidas al observatorio, por la influencia perjudicial que ejercen sobre las observaciones los locales habitados, especialmente a causa del calor irradiado. Actualmente se lleva el sistema de los locales hasta separar entre sí los destinados a las diversas observaciones, colocando, si es posible, cada instrumento en un edificio ex profeso.

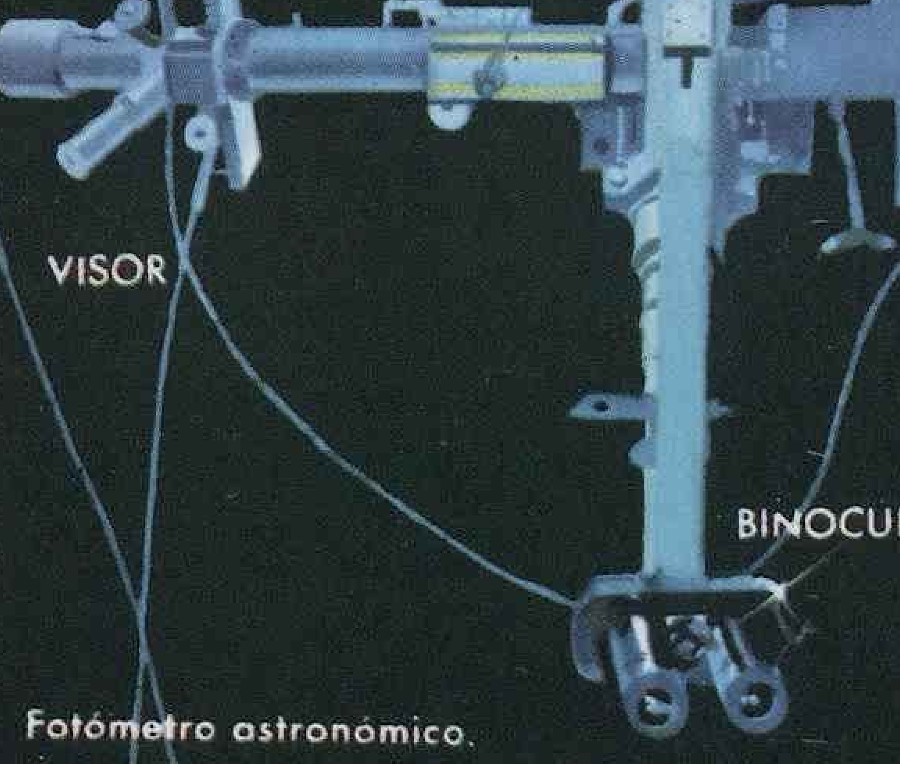
Telescopios refractores	*Abertura en cm*
Yerkes (Williams Bay, E.U.A.)	102
Lick (Monte Hamilton, E.U.A.)	91
Meudon (Francia)	83
Potsdam (Alemania)	80
Lick (Monte Hamilton, E.U.A.)	79
Alleghany (Pittsburgh, E.U.A.)	76
Bischoffsheim (Niza, Francia)	76
Pulkova (Rusia)	76
Greenwich (Inglaterra)	71
Bloemfontein (Sudáfrica)	69
Treptow (Berlín, Alemania)	69
Viena (Austria)	69
Johannesburgo (Sudáfrica)	67
Johannesburgo (Sudáfrica)	66
Greenwich (Inglaterra)	66
Telescopios reflectores	
Monte Palomar (California, E.U.A.)	508
Lick (Monte Hamilton, E.U.A.)	305
Monte Wilson (Calif., E.U.A.)	254
Michigan (Ann Arbor, E.U.A.)	244
McDonald (Mte. Locke, E.U.A.)	208
Radcliffe (Pretoria, Sudáfrica)	193
Alta Provenza (Francia)	193
Dunlap (Toronto, Canadá)	188
Dominion (Victoria, Canadá)	183
Newton (Herstmonceaux, Ingl.)	183
Perkins (Delaware, E.U.A.)	175
Harvard (Oak Ridge, E.U.A.)	155
Harvard (Bloemfontein, Sudáfrica)	152
Monte Wilson (California, E.U.A.)	152
Córdoba (Argentina)	152
Telescopios Schmidt	
Harvard (Oak Ridge, E.U.A.)	152/152
Monte Palomar (California, E.U.A.)	122/183
Harvard (Bloemfontein, Sudáfrica)	81/91
Tonanzintia (México)	66/78
Warner (Cleveland, E.U.A.)	63/94
Harvard (Oak Ridge, E.U.A.)	61/84
Lowell (Flagstaff, E.U.A.)	61/78
Case School (Ohio, E.U.A.)	60/90
Turku (Finlandia)	50/60
Monte Palomar (California, E.U.A.)	45/66
Bergedorf (Alemania)	35/?


El mayor telescopio del mundo: 5 m. Ø. Monte Palomar.
Cúpula del Observatorio del Monte Palomar (California).


Observatorio del Pic du Midi (Pirineos Centrales—Francia).

Péndulos astronómicos del Observatorio de París.


Torre solar del Observatorio de Monte Mario (Roma).



Fotómetro astronómico.

LOS ASTRÓNOMOS AFICIONADOS

En francés existe una palabra –por cierto muy expresiva y que, a pesar de su exotismo, se usa frecuentemente en castellano– para significar a las personas que se aficionan tanto a una materia determinada, que incluso dedican muchas horas a su práctica: es la palabra *amateur,* la cual en castellano se suele traducir por "aficionado"; aplicada a la astronomía, *amateur* significaría un "aficionado a la astronomía", o también un "astrónomo aficionado".

Aficionado y profesional

La palabra *aficionado* suele contraponerse a *profesional.* Llamamos *profesional en astronomía* o *astrónomo de profesión* al individuo que, después de haber cursado en alguna Universidad los cursos de Astronomía, la practica a sueldo en algún observatorio, como medio de ganarse la vida, según vulgarmente suele decirse. Llamamos *aficionado* al que trabaja en astronomía sólo por gusto –por "amor al arte", solemos decir–, por el placer que en estas investigaciones siente, sin recompensa material.

Es de saber que una buena parte de los progresos de la Astronomía se debe a los aficionados: y hasta la historia registra casos en los que un simple aficionado ha realizado investigaciones del más alto interés astronómico.

Dos aficionados insignes

Uno de ellos fue el alemán Frederick William Herschel, quien, siendo profesor de música, comenzó en Inglaterra a los 30 años de edad a consagrarse a la astronomía, fabricándose él mismo los telescopios, con los cuales descubrió el planeta Urano con sus dos satélites, dos satélites de Saturno y 2.500 nebulosas; el mayor de sus telescopios, terminado en 1789, medía 12 metros de longitud, y el número de memorias del propio Herschel, publicadas entre los años 1780 y 1818, ascienden a 71.

Otros casos más recientes son los del doctor Enrique Draper, con su contribución al estudio de los espectros estelares, que luego prosiguió, en el Observatorio de Harvard (E.U.A.), la señora Draper, después del fallecimiento de su esposo; y el del doctor Joel J. Metcalf, quien por sí solo se construyó varios telescopios, que le llevaron al descubrimiento de nuevos cometas y asteroides; más aún, llegó a fabricarse él mismo las lentes, que no desmerecían de las debidas a las casas de óptica.

Cualidades del aficionado

Los casos aquí citados presuponen dos cosas no comunes, a saber: una extremada pericia y una constancia a toda prueba. Más frecuentes son, por desgracia, los casos en que algunos, llevados de entusiasmo momentáneo, invierten cantidades a veces no despreciables en la compra de aparatos y, después de unas cuantas observaciones del Sol, de la Luna, de los planetas y estrellas, y de haber hecho gala ante las amistades de sus conocimientos astronómicos, acaban por arrinconar los instrumentos en el desván de los trastos viejos. A los tales les ha faltado la constancia.

Aquellos lectores que, subyugados por el grato placer de contemplar la maravillas del firmamento, se sienten con arrestos para proseguir con constancia observaciones, entiendan que, con aparatos y aun sin ellos, pueden hacer progresar la Astronomía.

Aficionado sin instrumentos

Para éste, los astros que más oportunidad ofrecen para la observación son los *astrolitos* o *estrellas fugaces,* que a millones penetran diariamente en nuestra atmósfera. Para estas observaciones se requiere tener un atlas celeste donde anotar las trayectorias que han de servir de base para precisar sus *radiantes,* o puntos de donde parecen originarse.

Otro interesante campo de acción para estos aficionados son las *estrellas nuevas.* El aficionado de Sudáfrica R. Watson, además de haber descubierto la *Nova Pictoris,* fue uno de los primeros en ver la *Nova Aquilae* el 8 de junio de 1918. Esta última fue descubierta independientemente por más de 20 observadores, la mayoría de ellos simples aficionados.

Aficionados con algún instrumento

Éstos pueden emprender la búsqueda de cometas, sobre todo si aplican a su telescopio una cámara fotográfica. No pocos cometas han sido descubiertos por vez primera merced a observaciones sistemáticas de simples aficionados. El aficionado norteamericano W. S. Brooks, en 20 años de observaciones, llegó a descubrir una docena de cometas. Los telescopios para tales clases de observaciones han de ser de foco corto y ancho campo, con ocular de poca potencia.

El campo principal de los aficionados, provistos de unos simples gemelos o de un telescopio, reside en la observación de *estrellas variables.* Son tantos los observadores de variables que, en diversas naciones, se han erigido asociaciones cuyo fin principal consiste en orientar y coordinar trabajos.

Federico Guillermo Herschel (1738 - 1822).

Gran telescopio de Herschel (1789).

Un cometa.

Estrellas fugaces.

Local social y observatorio astronómico de la Asociación Argentina "Amigos de la Astronomía".



CONSTRUCCIÓN CASERA DE UN TELESCOPIO

Son muchas las personas aficionadas a las maravillas del cielo que, no contentas con adquirir libros de Astronomía, desearían poder contemplar los astros a través de algún telescopio, pero sin posibilidad de conseguirlo, ya que, por una parte, los observatorios no están siempre al alcance de cualquiera y, por otra parte, la adquisición de un aparato propio excede los medios económicos con que muchos cuentan.

Adquisición del objetivo

Ante todo, debe pensarse en la adquisición del objetivo, que ha de ser una lente convergente, *bioconvexa,* de 1,20 a 1,35 metros de distancia focal. Si ésta fuese mayor, por ejemplo, de 2 metros, se haría difícil conseguir que quedasen paralelos entre sí los planos del objetivo y ocular; además, quedaría muy reducido el campo del anteojo, y lo que se observase aparecería deforme. Al encargar el objetivo, debe pedirse que sea corregido de la aberración esférica, sin zonas demasiado desparejas que pudieran dar dos o tres focos.
Como esta adquisición debe hacerse en casa de algún óptico y éstos cuentan por dioptrías, vamos a indicar brevemente lo que esto quiere decir y en qué forma debe pedirse la referida lente. Dioptría, en términos ópticos, es la inversa de la distancia focal, 1/f; por lo tanto, una lente convexa de 1,25 metros de distancia focal sería de 0,6 dioptrías.

La lente ocular

La lente llamada *ocular,* por de pronto, puede hacerse con una lente de 4 centímetros de foco, o sea de 25 dioptrías; pero, además, es conveniente tener otros varios oculares: uno de 3 centímetros (33 dioptrías) y otro de 2 centímetros (50 dioptrías).
Los oculares no deben utilizarse en toda su abertura, sino poniendo por el lado extremo un disco opaco, con un agujero, en el centro, de unos 4 milímetros de diámetro. Como los cristales para oculares de esas medidas deben estar muy bien hechos, lo mejor es adquirir un ocular de microscopio antiguo, de ocasión.

Montaje de las lentes

La lente objetivo se ha de montar en el extremo de un tubo de cartón, hojalata o cinc, unos tres centímetros más corto que la distancia focal de la lente. En el extremo libre de este tubo deberá introducirse otro, de unos 12 centímetros de longitud, que entre suavemente, y será el tubo portaocular. Éste debe estar exactamente en el eje óptico, es decir, muy bien centrado. Los dos tubos, ocular y objetivo, deben pintarse interiormente con un barniz negro mate, para evitar reflexiones internas.
Naturalmente, este anteojo distará de ser perfecto, y así, los objetos muy luminosos aparecerán algo aureolados con colores, por el fenómeno conocido con el nombre de aberración cromática, y precisamente, para aminorar este defecto, se ha procurado un objetivo de gran distancia focal. En cambio, el costo de semejante instrumento no será elevado.

Soporte del anteojo

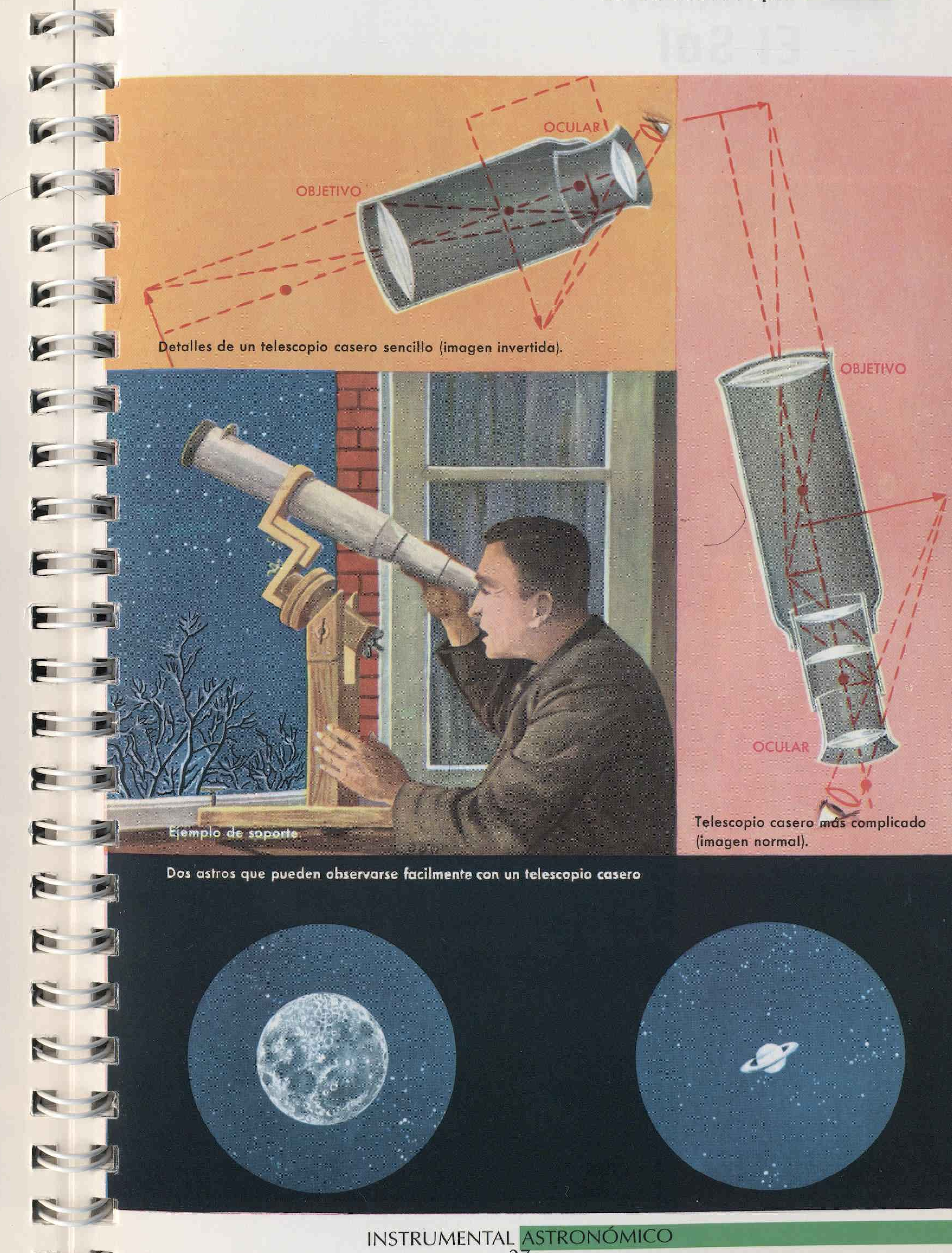
El anteojo, fabricado según se acaba de indicar, sería prácticamente inservible si no dispusiera de un buen soporte, que, por una parte, lo mantenga fijo en la posición requerida y, por otra, permita dirigirlo a cualquier parte del horizonte, mediante un movimiento llamado en azimut, y otro horizontal, para poderlo dirigir a cualquier altura, alrededor de un círculo denominado vertical. El trípode en que se asienta el anteojo ha de ser algo pesado, para asegurar una buena estabilidad.

Observaciones factibles

Este anteojo casero permitirá distinguir las montañas y cráteres de la Luna, las fases de Venus, el anillo de Saturno, los satélites de Júpiter, la gran nebulosa de Orión, las Cabritillas, la Pléyades, las Híadas, el cúmulo estelar del Pesebre, la nebulosa de Andrómeda, la estrella *Kappa* de la Cruz Austral, la *Omega* del Centauro, los cúmulos estelares del Can Mayor, varios en el Escorpión, el cúmulo del Tucán, etcétera. Un ecrán cuyo orificio fuera de 17 milímetros, aplicado a un objetivo de 10 centímetros de abertura, permitiría ver, en una noche bien diáfana, siquiera por momentos, el compañero de Sirio.

Un telescopio mejor

Si el aficionado desease fabricarse un telescopio mejor que el hasta aquí descrito, podría servirse de un catalejo de ocasión, para transformarlo en anteojo astronómico. En este caso, como el objetivo está ya corregido, se obtendrían imágenes mucho mejores que con el primer anteojo; pero habría de procurarse que la lente objetivo del mismo fuese lo más grande posible (no inferior a 4 centímetros de diámetro), dado que lo más importante de los anteojos astronómicos es el objetivo.



Detalles de un telescopio casero sencillo (imagen invertida).

Ejemplo de soporte.

Telescopio casero más complicado (imagen normal).

Dos astros que pueden observarse fácilmente con un telescopio casero

El Sol

DIMENSIONES Y COMPOSICIÓN

¿Cuánto dista el Sol?

El procedimiento más obvio y sencillo para determinar la distancia de la Tierra al Sol es el llamado trigonométrico, y coincide con el utilizado en la Tierra para averiguar la distancia entre dos puntos. Tratándose del Sol, se busca el ángulo por dos visuales dirigidas al centro del astro desde dos puntos distintos de la Tierra, lo más separados posible. Pero este procedimiento elemental tiene el inconveniente que, debido a la pequeñez del ángulo con vértice en el Sol, los errores son inevitables, por lo que se prefieren otros procedimientos.

De la comparación de los resultados obtenidos con distintos métodos se ha llegado a establecer las siguientes distancias:

Mínima.	147.000.000 km
Promedio	149.504.200 "
Máxima	152.000.000 "

Principales características

Una vez conocida la distancia Sol-Tierra y el diámetro aparente medio (32 minutos de arco) del Sol, fácilmente se averiguan sus dimensiones reales, y después, por una serie de deducciones, su volumen y masa. Resulta, pues, que su diámetro real es de 1.291.000 km, o sea 109,5 veces superior al de la Tierra; que su volumen equivale a 1.301.200 el de ésta.

Otras magnitudes que cabe considerar en el Sol son: su *masa,* que en conjunto es 332.000 veces superior a la masa de la Tierra, por ser su *densidad media* ligeramente superior a la del agua (1,41); al paso que la *intensidad de la gravedad* en la superficie del Sol es 27,89 veces superior a la de la Tierra; la *temperatura* periférica se estima que es de 6.100 °C, y la existente en el interior del astro se evalúa en unos 25 millones de grados o, tal vez, más.

Por lo que hace a la *luminosidad* que el Sol nos manda, se ha calculado que la luz proyectada sobre una pantalla horizontal es, por término medio, de unos 101.500 lux, o sea una luminosidad equivalente a un manantial de luz de igual número de bujías, situado a un metro de distancia. La luz que llega a las altas capas de la atmósfera equivale a 134.000 lux, y en la superficie del Sol es equivalente a 240.000 bujías por cm^2.

Composición química

Se ha llegado al conocimiento de la composición química del Sol por el análisis de su espectro obtenido con aparatos de gran dispersión, que han permitido contar unas 22.000 rayas, el 80 por 100 de las cuales han podido ser identificadas. Todas las rayas identificadas corresponden a elementos existentes en la Tierra, con la particularidad de que el helio, descubierto por Janssen en 1868, lo fue antes en el Sol que en la Tierra.

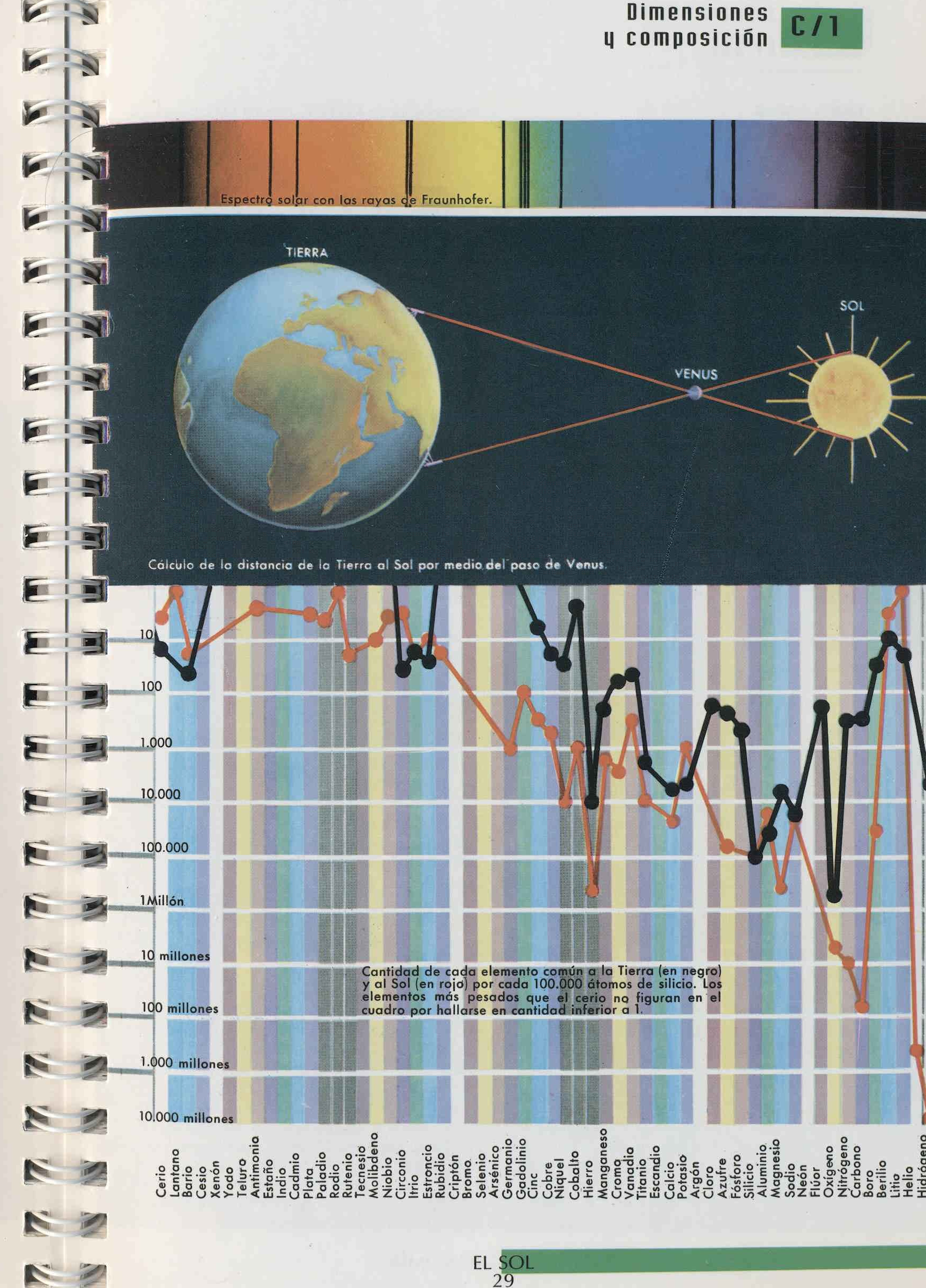
Del examen del espectro solar se deduce que el elemento más abundante en el Sol es el hidrógeno, seguido del oxígeno, del helio, del magnesio, del hierro, del silicio, del sodio y del calcio. Según Rusell, los volúmenes y masas de los principales elemetos se clasifican como sigue:

	Volumen	Masa
Hidrógeno	60	60
Helio	2	8
Oxígeno	2	32
Metales	1	32
Electrones	0,8	0

Los elementos o cuerpos simples descubiertos hasta ahora en el espectro solar son 57. Entre ellos, los que presentan mayor número de rayas son: el hierro, con 3.288 rayas, siguiéndole luego, en orden de importancia decreciente, el cobalto, el níquel, vanadio, manganeso, etc., si bien las más intensas pertenecen al hidrógeno y al calcio, y les siguen en intensidad las rayas del hierro, manganeso, sodio y helio.

Hay, en la Tierra, elementos químicos que no dan "señales de vida" (o sea rayas espectrales) en el Sol. De ellos, unos corresponden a los elementos metálicos pesados, de carácter eléctrico positivo, como el oro, mercurio, osmio e iridio, y otros a los llamados metaloides, de carácter eléctrico negativo, como el cloro, bromo, yodo, fósforo y arsénico. Pero esta ausencia es probablemente ficticia, ya que las rayas de su espectro pueden haber desaparecido a causa de la absorción atmosférica.

En el Sol, además de los espectros producidos por los átomos o sus iones, se han observado *espectros de bandas,* resolubles en rayas finísimas, características de moléculas de compuestos químicos. Tales son las bandas de cianógeno, compuestas de 872 rayas; las de las moléculas con átomo de carbono, con 442 rayas y diversas combinaciones del hidrógeno con el oxígeno, nitrógeno, carbono y magnesio, con un total de 1.800 rayas, así como combinaciones oxigenadas del boro y titanio, existentes en las regiones menos calientes del Sol.



Espectro solar con las rayas de Fraunhofer.

Cálculo de la distancia de la Tierra al Sol por medio del paso de Venus.

Cantidad de cada elemento común a la Tierra (en negro) y al Sol (en rojo) por cada 100.000 átomos de silicio. Los elementos más pesados que el cerio no figuran en el cuadro por hallarse en cantidad inferior a 1.

FÍSICA SOLAR

El globo terráqueo está formado, según vimos, por varias capas (núcleo, litosfera, hidrosfera y atmósfera); algo parecido sucede con el globo solar, que se supone constituido por las siguientes partes: núcleo, fotosfera, capa inversora, cromosfera y corona.

Núcleo solar

De la parte más interna del Sol o *núcleo solar,* por ser enteramente inaccesible a nuestras observaciones, únicamente puede decirse, que, dada su elevada temperatura –la cual algunos autores hacen ascender a varios millones de grados–, debe de ser una masa gaseosa *sui generis,* a causa de las enormes presiones a que se hallan sujetos sus materiales.

Fotosfera

Lo que sin aparatos vemos del Sol es una envoltura que rodea al núcleo solar, llamada *fotosfera,* o esfera luminosa, a causa de su gran luminosidad. Esta envoltura no resulta ser otra cosa que la capa de transición, que establece separación entre la región de los gases opacos del núcleo solar y la de los transparentes del exterior. Esta capa es precisamente la que se nos ofrece al proyectar la imagen del Sol sobre una pantalla.
Observando de esta suerte el disco solar, lo vemos todo él surcado por una tenue *granulación.* Se trata de manchas, aparentemente pequeñas y brillantes, cuyas dimensiones oscilan entre 200 y 1.500 kilómetros de extensión, las cuales se destacan sobre un fondo menos luminoso y, debido a su forma, los astrónomos las han designado con el nombre de "granos de arroz".

Fáculas y manchas

Con bastante frecuencia, particularmente en sus bordes oriental y occidental, la fotosfera se ve surcada de regiones brillantes y efímeras que reciben el nombre de *fáculas.*
Una de las cosas más espectaculares del Sol son las *manchas,* o sea proporciones negras de la fotosfera, cuyo número, forma y dimensiones varían según las épocas; pues, mientras algunas sólo tienen una anchura de pocos centenares de kilómetros, otras tienen un diámetro muchas veces superior al de la Tierra. Es muy frecuente que las manchas estén reunidas en grupos.
Las manchas presentan generalmente una parte más negra central, llamada *núcleo* o *sombra,* cuyo contorno está formado por una media tinta o *penumbra.* En rigor, las manchas no son absolutamente negras, sino unas 4 a 5 veces menos brillantes que la fotosfera, por tener una temperatura de 4.000 °C, o sea 2.000 °C inferior a la de ésta, que es de 6.000 °C. Por el movimiento de las manchas ha sido posible determinar la rotación del Sol alrededor de su eje; rotación que, en promedio, es de unos 25,35 días, pues no es igual en todas las latitudes.

Capa inversora

Sobre la fotosfera reposa una capa de gases, que recibe el nombre de *capa inversora,* y constituye la parte más densa de la atmósfera solar. Esta capa tiene un espesor de 700 km, y a ella se debe principalmente el oscurecimiento del borde del Sol, así como la inversión de las rayas del espectro.

Cromosfera

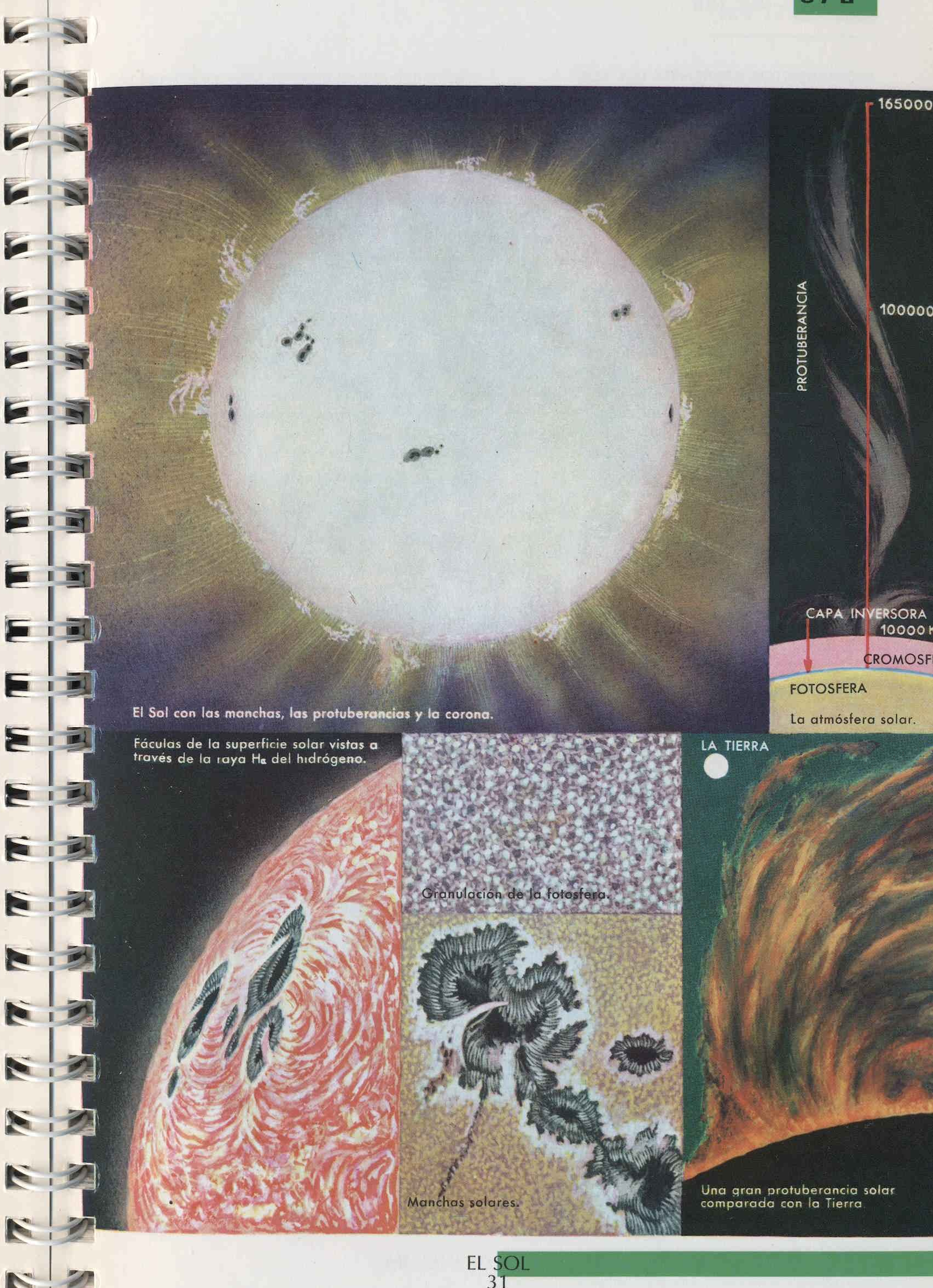
Envolviendo la capa inversora se halla, en el Sol, una atmósfera de vivo color rosa o violeta, que recibe por dicho motivo el nombre de *cromosfera,* formada principalmente por vapores de calcio, de helio y de hidrógeno a presión muy baja. Su espesor es de unos 10.000 kilómetros, aproximadamente. La cromosfera es invisible a través de un telescopio, a no ser que éste vaya provisto de aparatos especiales, tales como el monocromador de polarización, o de un espectroscopio. Sólo puede distinguirse, sin estos adminículos, a simple vista o con el telescopio, durante los cortos instantes de los eclipses totales de Sol.

Protuberancias

En la cromosfera es donde se efectúa el espectacular fenómeno de las *protuberancias,* consistentes en enormes cantidades de vapores inflamados, que, saliendo de la cromosfera en forma de erupciones, son lanzados al espacio con velocidades de centenares de kilómetros por segundo, hasta alcanzar alturas de centenares de miles de kilómetros: unas de ellas, en 1982, llegó a 900.000 km. La duración de las protuberancias es variable, desde algunos días hasta varias semanas.

Corona solar

A continuación de la cromosfera y elevándose a alturas de hasta 3 millones de kilómetros, viene la llamada *corona solar,* que se presenta como una tenue luminosidad blanca, cuyo brillo disminuye con la distancia al globo solar. En los momentos de los eclipses totales de Sol aparecen como una inmensa aureola alrededor de éste, con rayos o penachos en algunos puntos. Gracias al coronógrafo realizado por Bernard Lyot, se puede observar la corona solar fuera de los eclipses totales de Sol.



El Sol con las manchas, las protuberancias y la corona.

La atmósfera solar.

Fáculas de la superficie solar vistas a través de la raya H_α del hidrógeno.

Granulación de la fotosfera.

Manchas solares.

Una gran protuberancia solar comparada con la Tierra

MOVIMIENTOS APARENTES DEL SOL

Antiguamente se creía que los dos movimientos observados en el Sol, el diurno y el anual, eran reales, es decir, debidos al mismo astro; ahora sabemos que son aparentes y debidos a dos movimientos reales del globo terráqueo: el de rotación alrededor de su eje y el de traslación alrededor del Sol.

Día solar, día sidéreo

Todo el mundo tiene una idea bastante clara de lo que llamamos día: el período de tiempo que se repite cada 24 horas, o sea el que tarda el Sol en dar una vuelta completa a la bóveda celeste; una mitad más o menos aproximada de esta vuelta la hace el Sol a nuestra vista, iluminándonos, y la otra mitad por debajo de la Tierra, dejándonos a oscuras. Los astrónomos, afinando más los conceptos, llaman *día* (se entiende *solar verdadero*) al tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del Sol por el meridiano superior de un mismo lugar. Este movimiento es aparente, pues se debe a la rotación terrestre.

Comparemos este movimiento del Sol con el aparente de las estrellas. Refiriéndonos a estos astros, llamaremos *día sidéreo* al tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de una misma estrella por el meridiano superior de un mismo lugar. A primera vista, parece que los dos días deberían ser de igual duración; sin embargo no es así. El paso del Sol por el meridiano se retrasa unos 4 minutos de tiempo por día, o sea que el día solar es unos 4 minutos más largo que el día sidéreo.

El movimiento aparente del Sol consiste en que este astro se va alejando cada día de un punto fijo de la bóveda celeste, por ejemplo, el *punto vernal,* hacia el Este, recorriendo, en el decurso de un año, una circunferencia a través de las estrellas, hasta volver, transcurrido dicho tiempo, al mismo punto de donde partió. Este movimiento se llama en ascensión recta. En cambio, las estrellas, por no estar afectadas prácticamente por el movimiento real de traslación de la Tierra, dada su gran distancia de nosotros, presentan el día sidéreo de igual duración todos los días del año.

Movimientos en declinación

Fijándonos todavía más en el movimiento del Sol durante el año, advertiremos que su culminación no tiene efecto todos los días a la misma altura con respecto al horizonte: en verano sube mucho más que en invierno. Estas variaciones se hacen patentes en la sombra que a mediodía proyectan los edificios: muy corta durante el verano y muy larga durante el invierno.

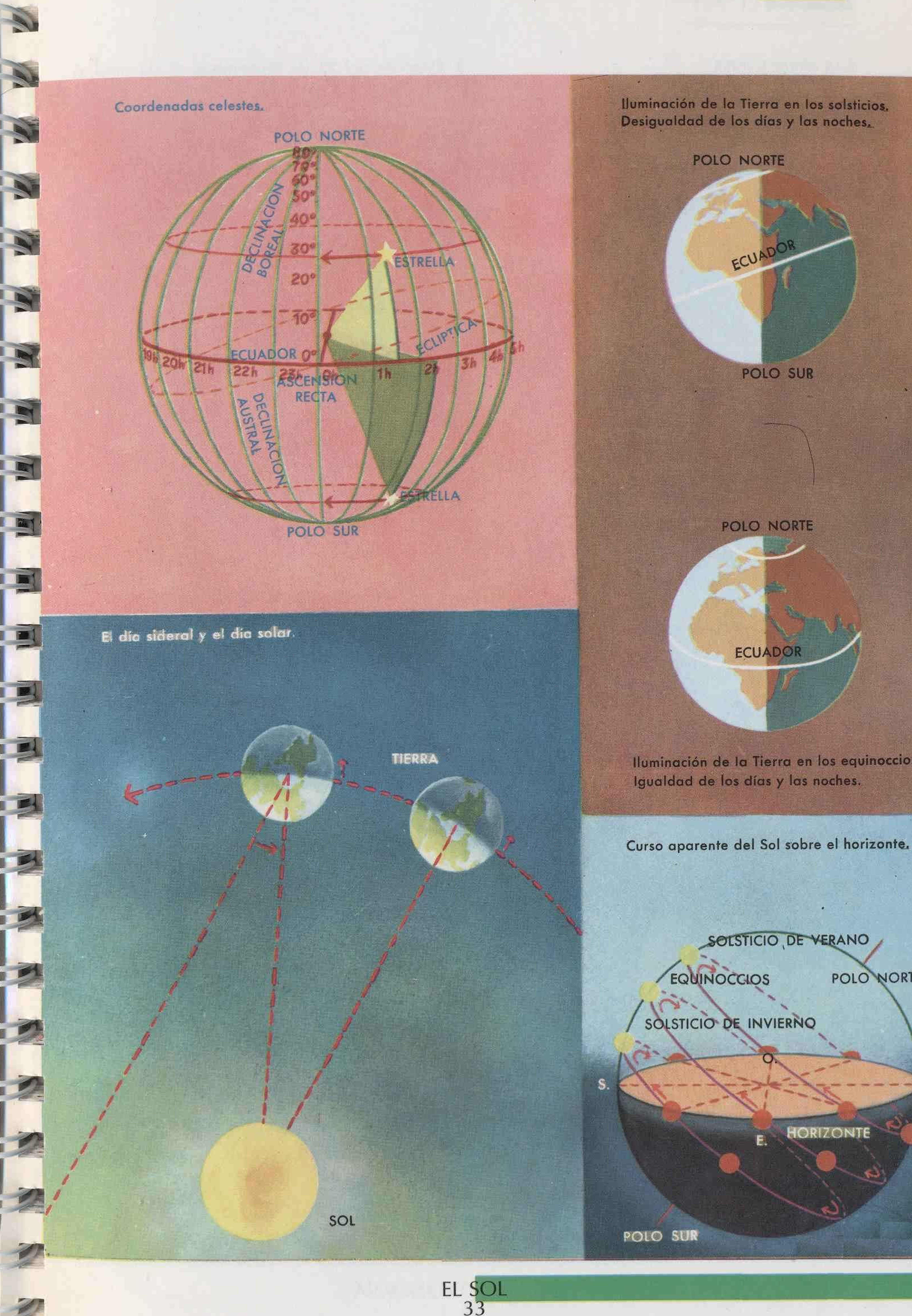
Este fenómeno se debe a que el plano del ecuador terrestre no coincide con el plano de la órbita alrededor del Sol o eclíptica, sino que forman entre sí un ángulo de 23° 27'. De aquí resulta que, a excepción de los parajes de la Tierra situados en el ecuador, cualquier otro no tiene la línea de los polos en el plano del horizonte, sino más o menos inclinada con respecto a este plano. Según esto, los paralelos quedarán diversamente inclinados con respecto al plano del horizonte, mirados desde cualquier punto de la Tierra comprendido entre el ecuador y los polos, con excepción de los puntos situados en el mismo ecuador terrestre, ya que los tendrán todos verticales, con el cenit en el ecuador celeste, y de los polos terrestres, donde los paralelos celestes se ofrecen paralelos al horizonte.

Variación anual del día solar

El movimiento de declinación del Sol a lo largo del año hace que, para un mismo lugar de la Tierra, el día no tenga en el decurso del año idéntica duración. Cuando el Sol se halla en el ecuador celeste –lo cual sucede el 21 de marzo y el 22 de septiembre–, por estar este círculo dividido en dos partes iguales, el Sol se hallará 12 horas sobre el horizonte. Entonces se tienen los llamados *equinoccios.* En cambio, cuando el Sol se encuentra en su máxima declinación boreal (que es la de 23° 27'), se tienen en el hemisferio norte de la Tierra los días más largos del año, y en el hemisferio sur, los días más cortos. Lo contrario sucede cuando el Sol se encuentra a 23° 27' de declinación austral. Ambos casos reciben el nombre de *solsticio,* porque el Sol parece estar parado unos días en aquellas declinaciones extremas.

Variaciones del lugar de salida y puesta del Sol

Otra de las consecuencias de los cambios de declinación del Sol es la variación del lugar de salida y de la puesta de este astro. El día 21 de marzo y el 22 de septiembre, el Sol sale exactamente del Este, y se pone exactamente en el Oeste; entre el 21 de marzo y 22 de septiembre, los puntos de salida y puesta del Sol se hallan hacia el lado norte, y entre el 22 de septiembre y el 21 de marzo se hallan por el lado sur, de los dos puntos cardinales Este y Oeste.



LAS ESTACIONES

Naturalmente el año queda dividido en cuatro partes, que se distinguen entre sí por el tiempo que permanece el Sol sobre el horizonte y por la temperatura media del ambiente. Estas partes del año o *estaciones* son cuatro: primavera, verano, otoño e invierno.

Razón de ser de las estaciones

La existencia de las estaciones se debe a la forma elíptica de la órbita terrestre y a la inclinación del eje de la Tierra con respecto a la eclíptica o plano de la órbita terrestre. En efecto: si ésta fuese una circunferencia y su plano coincidiese con el del ecuador, desaparecería el ritmo anual, por cuanto los días se sucederían con monótona uniformidad durante todo el año. Pero el hecho de que, además de la excentricidad de la órbita terrestre, ambos planos, ecuador y eclíptica, estén inclinados entre sí, y el de que, al trasladarse la Tierra alrededor del Sol, el eje de rotación se mantenga paralelamente a sí mismo, implica que los rayos solares incidan más o menos oblicuamente sobre cada región determinada, originando las estaciones.

Sucesión de las estaciones

Ante todo, es de saber que la división de las estaciones nos la dan las dos coincidencias del Sol con el plano del ecuador, o equinoccios, de marzo y septiembre, y también su separación angular máxima, o solsticios, de julio y diciembre. Hacia el 21 de marzo, el centro del Sol se halla en el *punto Aries,* con lo cual se inicia la primavera en el hemisferio boreal de la Tierra y el otoño en el hemisferio austral. En esta fecha el Sol recorre, en su movimiento diurno, el ecuador celeste y, por lo tanto, su declinación es 0°.
En los días siguientes, la declinación del Sol va en aumento, por haberse internado este astro en el hemisferio celeste boreal, hasta alcanzar el valor máximo, al llegar el centro del Sol al solsticio, recorriendo entonces el llamado *trópico celeste de Cáncer.* Con esto comienza el verano en el hemisferio boreal, y el invierno, en el austral.
A partir de este solsticio, empiezan a disminuir las declinaciones boreales del Sol, hasta alcanzar el valor 0° hacia el 22 de septiembre, al situarse el Sol en el *punto Libra,* con lo cual se inicia el otoño en el hemisferio boreal, y la primavera, en el austral. En ese día, la trayectoria diurna del Sol sobre la esfera celeste es, otra vez, el ecuador celeste.

Después del 22 de septiembre, el Sol pasa al hemisferio celeste austral, con aumento paulatino de declinación negativa, hasta el día 21 de diciembre, en el instante en que su centro se sitúa sobre el solsticio, dando comienzo el invierno en el hemisferio norte y el verano en el hemisferio sur. Tres meses más tarde, el Sol se encuentra de nuevo en el equinoccio vernal.

Duración de las estaciones

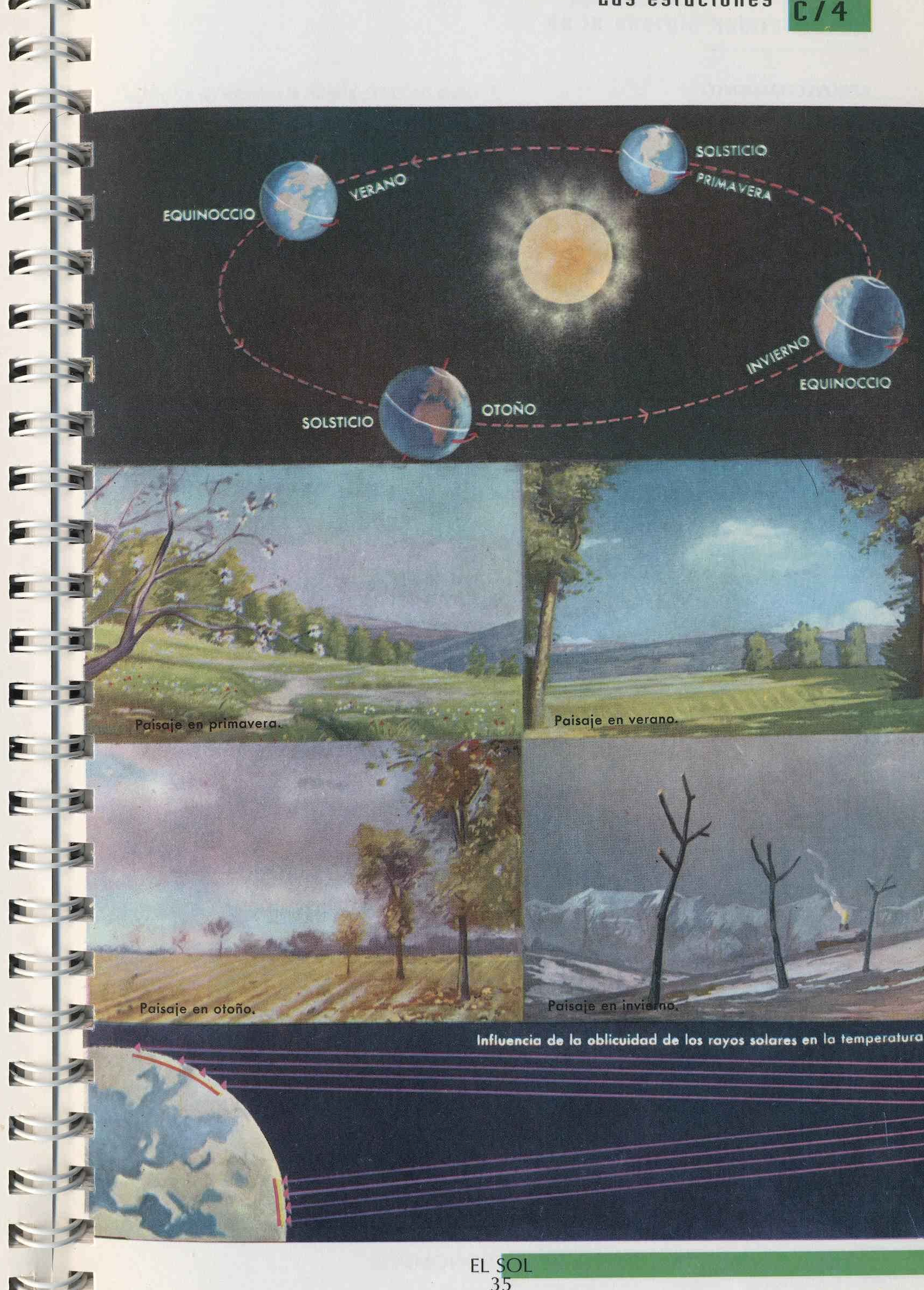
He aquí, reunidas en un estado, las respectivas duraciones de cada estación:

Hemisf. N.	*Hemisf. S.*	*Duración*
Primavera	Otoño	92 días 20 h 50 mn
Verano	Invierno	93 días 14 h 13 mn
Otoño	Primavera	89 días 18 h 35 mn
Invierno	Verano	89 días 3 h 2 mn

La suma da 365 días 5 horas 49 minutos, que es justamente la duración del año.

Temperatura de las estaciones

La mayor o menor oblicuidad de los rayos del Sol y la mayor o menor duración del día son, en cada lugar de la Tierra, los principales factores determinantes de la temperatura media.
Durante la noche, el suelo terrestre se enfría a causa de la radiación, a los espacios celestes, del calor almacenado en el transcurso del día.
Durante el día hay también radiación de calor a los espacios, pero es contrarrestada y superada por el calor recibido del Sol. Según sea la oblicuidad de los rayos solares y la duración del día, que, para un mismo lugar, depende solamente de la declinación del Sol o su altura sobre el horizonte, la cantidad de calor recibida será mayor o menor que la irradiada y, en consecuencia, la temperatura irá aumentando o disminuyendo.
Las máximas y mínimas no se producen en los solsticios (21 de junio y 21 de diciembre), a pesar de ser, en cada punto de la Tierra, los días más largos o cortos y la inclinación de los rayos máxima o mínima, por el hecho de que en los días sucesivos se va acumulando o perdiendo más calor que el recibido por dichos conceptos. También débese tener en cuenta que las variaciones anuales de temperatura en la zona ecuatorial son pocas, porque únicamente dependen de las variaciones de altura del Sol y no de la duración del día, que es siempre igual todo el año; en cambio, en las regiones polares, estas variaciones anuales de temperatura son muchísimo mayores.



Paisaje en primavera.

Paisaje en verano.

Paisaje en otoño.

Paisaje en invierno.

Influencia de la oblicuidad de los rayos solares en la temperatura

APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR

Obtención de elevadas temperaturas

Se funda en la concentración, en un punto llamado foco, de los rayos del Sol que inciden perpendicularmente en una superficie dada, lo cual se realiza comúnmente sirviéndose de un espejo cóncavo. Instalaciones de estas, llamadas "hornos solares", se han llevado a cabo en Mont-Louis (Cerdaña francesa), y cerca de Argel (norte de África) y California. En Mont-Louis, mediante un espejo parabólico de 11 m de diámetro compuesto de 3.500 espejitos curvos, se han obtenido temperaturas de más de 3.000 °C. De esta suerte se ha llegado a fundir materiales muy refractarios y de gran pureza.

Accionamiento de «motores solares»

Sirviéndose de los rayos solares, se produce vapor de agua o de otro líquido volátil, el cual vapor, a su vez, acciona un alternador, como en las centrales térmicas. El calor solar se hace incidir sobre la caldera de evaporación, sirviéndose de un colector de tipo espejo o de un colector de placa plana, pues lo que se necesita no es mucha temperatura, sino mucha cantidad de calor repartida en una gran superficie. En Los Ángeles (E.U.A.) se ha construido un motor solar, que comprende un espejo parabólico de 10 m de abertura y una caldera que produce vapor a 12 atmósferas. En Egipto se han instalado motores solares para accionar bombas de riego. En Italia, estos motores solares tienen colector de placa plana y en ellos se vaporiza anhídrido sulfuroso.

Calefacción doméstica solar

Una de las formas de esta calefacción, desarrollada en Florida y California, consiste en recubrir el tejado con hojas de metal ennegrecido, encima de las cuales va dispuesto un haz tubular, llamado base, y los puntos en que se apoyan "insolador", por el que circula agua calentada por el Sol, entre los tubos, y un tanque o depósito. De éste parten las conducciones para la distribución de agua por la casa (cocina, baño, habitaciones, etc.).
Asimismo en los Estados Unidos, se han construido tres casas experimentales con calefacción solar, utilizando colectores verticales en su fachada de mediodía, y el calor es almacenado como calor de fusión del sulfato sódico. En una de estas casas, situada en el clima muy frío de Nueva Anglia, se obtuvo durante todo el invierno, dentro de las habitaciones, la temperatura de 22 °C, gracias al colector de 37 m² de superficie y a un tanque almacenador, de 5.000 litros de capacidad, dándose el caso de personas que llegaron a quemarse los dedos tocando los caños del colector en días de heliofanía nula (nublados).

Usos culinarios

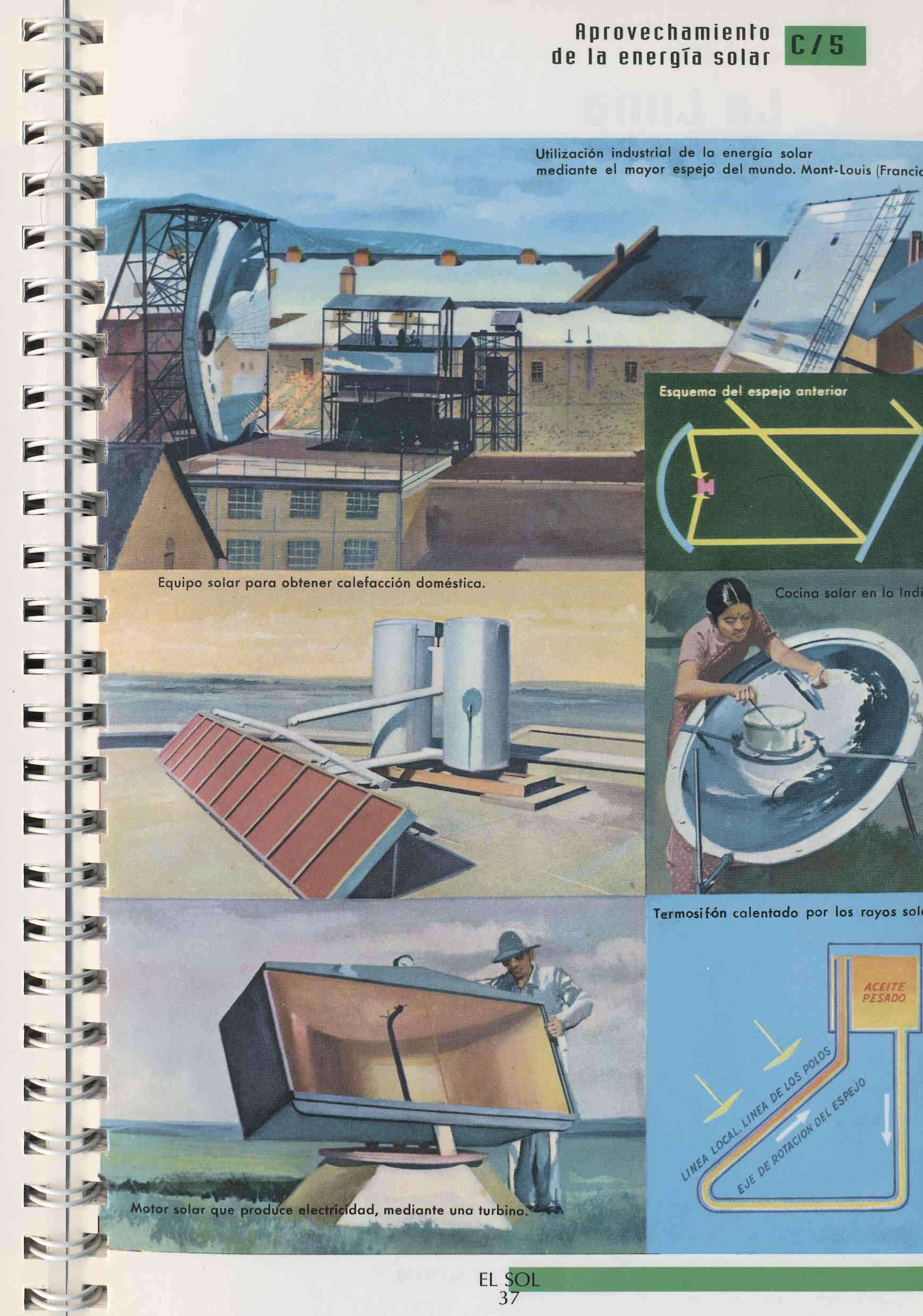
En el Observatorio de Monte Wilson (E.U.A.) se montó una instalación de este tipo, que comprendía un espejo cilíndrico de sección parabólica de 3 × 2,10 metros, accionado por un mecanismo de relojería. En el foco del espejo había un tubo metálico ennegrecido, por cuyo interior circulaba aceite de un termosifón, que alimentaba un recipiente de hierro de 200 litros. La temperatura lograda llegó a ser de 175 °C, y la esposa del astrónomo Abbot aseguró que la instalación funcionó con entera satisfacción para las más diferentes clases de guisos.
En la India se ha creado un calentador u hornillo solar de uso doméstico, en una especie de espejo parabólico orientado de cara al Sol, en cuyo foco se dispone la olla o cazo que se quiere calentar. De esta suerte se cuecen los alimentos sin gasto alguno de combustible, con la misma rapidez con que lo haría una cocina eléctrica de 300 vatios.

Destilación por calor solar

J. Richard, de Mónaco, sirviéndose de un aparato de madera ennegrecida y vidrio delgado, obtuvo durante una año una media mensual de 3,5 litros de agua destilada por metro cuadrado y por día, en junio, y una media diaria de 0,5 litros, en diciembre. En un día de pureza de cielo excepcional, consiguió hasta 4,5 litros. La cantidad total de agua recogida en todo el año ascendió a 656 litros por metro cuadrado. En el norte de África (Tunicia y Argelia), con un aparato similar, se consiguió en verano una media superior a 3 litros por metro cuadrado y por día.

Refrigeración por calor solar

Aunque parece paradójico, los rayos solares se utilizan también para hacer frío. Los aparatos con los que esto se consigue se llaman "heliofrigoríficos". Uno de ellos funciona en Tachkent (Turquestán ruso). Se trata de un paraboloide hueco, de hormigón, de 80 m de alto, tapizado de pequeños espejos plateados, que reflejan los rayos solares hacia un lugar frigorífico de amoníaco.
Otro de estos aparatos se halla en Concord (California), y con él se alcanzan temperaturas de 6 °C bajo cero.



Utilización industrial de la energía solar mediante el mayor espejo del mundo. Mont-Louis (Franci

Esquema del espejo anterior

Equipo solar para obtener calefacción doméstica.

Cocina solar en la Indi

Termosifón calentado por los rayos sol

Motor solar que produce electricidad, mediante una turbina.

La Luna

CARACTERÍSTICAS DE LA LUNA

¿A qué distancia se halla la Luna?

El método para averiguarlo se reduce, en substancia, a medir exactamente la distancia entre dos puntos y luego, los ángulos que, desde cada uno de ellos, forman las visuales dirigidas al punto inaccesible. La distancia medible entre los dos puntos de las visuales se llama *base*, los ángulos se llaman *vértices del triángulo* formado por los tres puntos en cuestión.

Pero, para precisar con cierta exactitud las distancias astronómicas, lo mismo que las terrestres, se necesita que la longitud de la base no sea demasiado pequeña con respecto a la distancia que se trata de medir. Cuando el astro es la Luna, el Sol o alguno de los planetas, la base es el radio terrestre, y el ángulo bajo el cual se ve este radio desde el astro es la llamada *paralaje horizontal*, encontrándose el centro del astro en el horizonte, y *en altura*, encontrándose el astro sobre el horizonte.

Para la determinación de la distancia de la Tierra a la Luna, en el siglo XVIII, se tomó como base la distancia Berlín – Cabo de Buena Esperanza, de unos 9.600 km, y, si bien la distancia Tierra-Luna es mucho mayor, el resultado fue bastante satisfactorio.

Al efecuar determinaciones más precisas, se vio que esta distancia no era siempre la misma. Esto se debe a que el camino que recorre la Luna alrededor de la Tierra es variable, dado que la órbita correspondiente no es una circunferencia, sino una curva algo alargada. La distancia máxima (*apogeo*) resulta ser de 405.530 km; la distancia mínima (*perigeo*), 363.300 km, y la distancia media, 384.403 km.

Dimensiones de la Luna

El diámetro de la Luna es de 3.484 kilómetros, lo cual da: una *circunferencia* de 10.940 kilómetros, y una superficie de 38 millones de kilómetros cuadrados (o sea cuatro veces la del continente europeo, o bien la extensión total de ambas Américas, o 1/14 con relación a la de todo el globo terráqueo), y un *volumen* de 22.105 millones de kilómetros cúbicos, o sea 1/49 con relación al de la Tierra; esto indica que, para formar un globo de las dimensiones de la Tierra, se necesitarían 49 globos como la Luna.

Masa de la Luna

Se ha encontrado que es de 1/81 con relación a la de la Tierra, es decir, de 73,3 billones de toneladas. A más de un lector le intrigará saber cómo se ha llegado a determinar la masa o peso de la Luna. Esto se ha logrado por la aplicación, al sistema Tierra-Luna, de las leyes de Newton referentes a la atracción o gravitación universal.

La aplicación de dichas leyes señala que el centro de gravedad del mismo se halla aproximadamente a la distancia de 4.638 kilómetros del centro de la Tierra, es decir, a 1/82 de la distancia que separa los centros de ambos astros. De aquí se deduce que, si dividiésemos la distancia que separa la Tierra de la Luna en 82 partes iguales, de 4.638 kilómetros cada una, y con una palanca ideal quisiéramos equilibrar sus masas poniendo una en cada extremo de sus brazos, el punto de apoyo debería colocarse de suerte que dejase una parte de dicha distancia del lado de la Tierra y 81 partes del lado de la Luna. Esto indica que la masa o cantidad de materia de la masa lunar sólo vale 1/81 parte de la terrestre, como antes indicábamos.

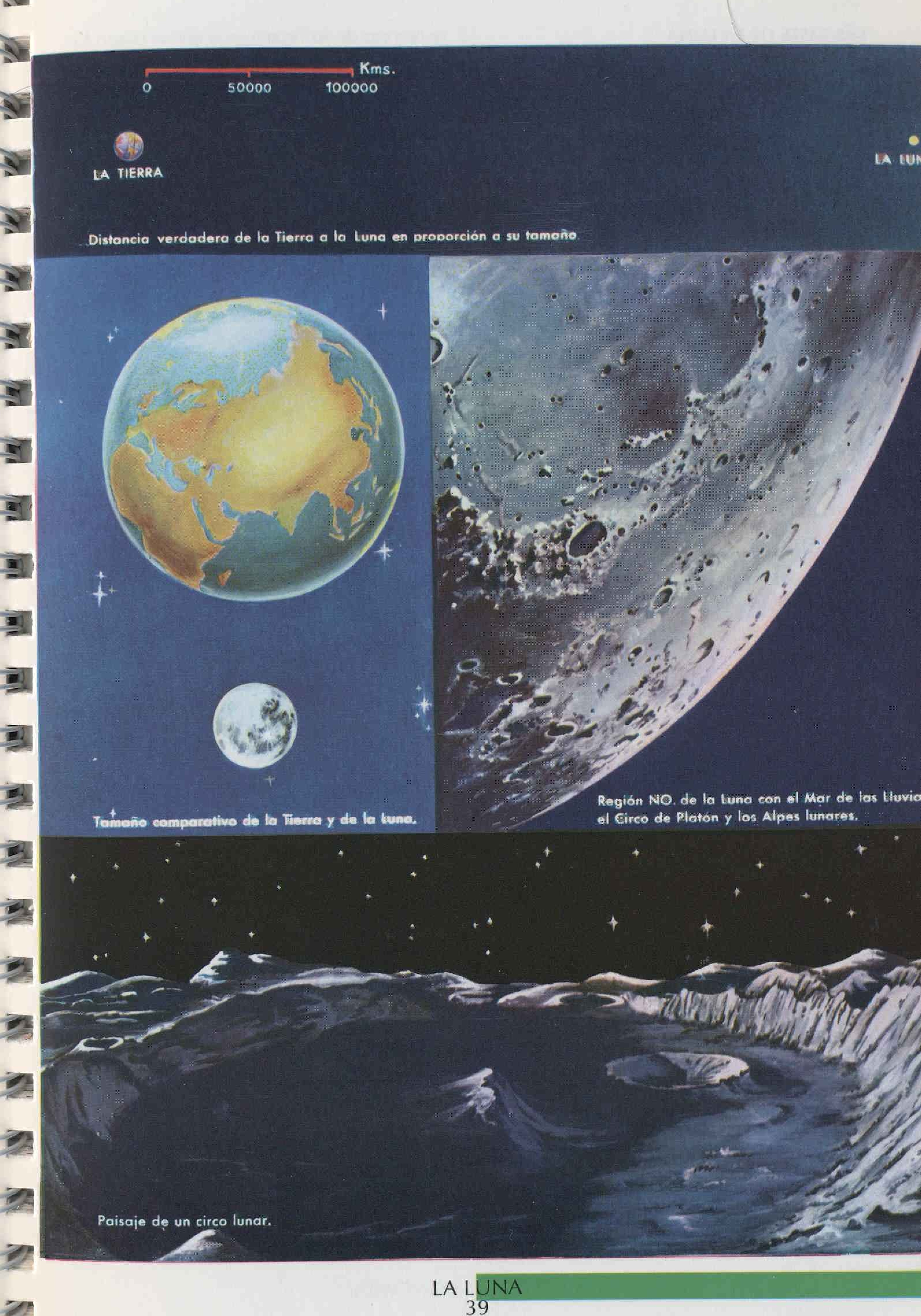
Densidad de la Luna

El globo lunar está constituido de materiales menos densos que los terrestres. Tomando el agua como unidad de densidades, resulta que la densidad de la Luna es de 3,42, al paso que la de la Tierra es de 5,52. De aquí que la relación entre la masa y el volumen de la Luna sólo vale 0,62 respecto a la de la Tierra. Una consecuencia, insospechada para muchos, es que la gravedad, en la superficie lunar, es sólo un sexto de la gravedad terrestre. Por consiguiente, una persona que en la Tierra pesase 60 kilos, en la Luna pesaría sólo 10.

¿Existe atmósfera en la Luna?

La Luna carece prácticamente de atmósfera, lo cual se demuestra: 1.° Porque su borde, visto con un anteojo, aparece nítido sin distorsión, y lo mismo sucede en los eclipses del Sol. – 2.° Porque las estrellas, al ocultarse detrás de la Luna, desaparecen bruscamente sin debilitarse, siendo así que la absorción de una atmósfera determinaría su desaparición gradual. – 3° El espectro de la Luna es enteramente idéntico al del Sol, sin ninguna traza de absorción selectiva.

Las principales consecuencias de la falta de atmósfera en la Luna son: 1.ª La carencia de crepúsculos y de luz difusa, señalándose por consiguiente una línea divisoria entre la luz y la sombra. – 2.ª La falta de agua, que, en caso de haberla habido, se habría evaporado.



Distancia verdadera de la Tierra a la Luna en proporción a su tamaño

Tamaño comparativo de la Tierra y de la Luna.

Región NO. de la Luna con el Mar de las Lluvia el Circo de Platón y los Alpes lunares.

Paisaje de un circo lunar.

LAS FASES DE LA LUNA

El porqué de las fases lunares

Para comprender la existencia de los varios aspectos o *fases* de la Luna, hay que tener presente tres cosas: 1.ª Que mientras la Tierra va girando alrededor del Sol, la Luna efectúa el mismo movimiento alrededor de la Tierra, cumpliendo en 27 días una revolución completa. – 2.ª Que la Luna es un globo oscuro, como la Tierra, la cual no posee luz propia y sólo es visible en la región iluminada por el Sol, que para la Luna es siempre la mitad de su globo, pero que para la Tierra depende de sus posiciones relativas. – 3.ª Que la traslación de la Tierra, combinada con el movimiento de la Luna, da como resultado que el tiempo transcurrido en una lunación sea algo más largo que el de una revolución real de nuestro satélite.

Novilunio, Luna nueva o neomenia

Tiene efecto cuando la Luna se halla entre el Sol y la Tierra. En esta posición, el satélite muestra a la Tierra su hemisferio opuesto al Sol, o sea el oscuro; por lo cual el astro resulta invisible para el observador terrestre. Su paso por el meridiano coincide con el del Sol. Pero, a medida que la Luna se separa de esta posición, nos va presentando gradualmente parte de su hemisferio iluminado. Llámase *edad de la Luna* el tiempo transcurrido desde el novilunio.

Cuarto creciente o primer cuarto

Se inicia hacia los siete días después del novilunio, cuando las visuales dirigidas desde la Tierra al Sol y a la Luna forman ángulo recto. Al comenzar el cuarto creciente, la Luna pasa por el meridiano del lugar seis horas después de haberlo hecho el Sol. En los días sucesivos al cuarto creciente, el huso iluminado visible sigue aumentando su amplitud, por lo cual la Luna va adoptando la forma de lente biconvexa.

Plenilunio o Luna llena

Comienza entre los 14 y 15 días de edad, cuando la Luna se encuentra en oposición con el Sol. En este día, el huso iluminado, visible desde la Tierra, se ha convertido en todo un hemisferio, por coincidir las líneas de contorno aparente y de iluminación. Entonces la Luna pasa por el meridiano del lugar cuando el Sol lo hace por el meridiano opuesto, o sea a las 24 horas tiempo local.

Cuarto menguante o segundo cuarto

Se produce cuando la Luna tiene unos 22 días de edad y el huso iluminado, visible desde la Tierra, es otra vez de 90°, como en el primer cuarto. En esa fecha, la Luna pasa por el meridiano 6 horas antes que el Sol. En los días sucesivos al segundo cuarto, la Luna vuelve a mostrar una hoz iluminada, con los cuernos mirando a occidente hasta desaparecer del todo, al interponerse entre el Sol y la Tierra, para indicar otra lunación con las mismas características que la anterior.

El cuarto creciente se distingue del cuarto menguante: 1.° Por la hora del día en que la Luna brilla sobre el horizonte. 2° Por la dirección de los cuernos, según lo manifiestan los siguientes versos:

Luna creciente – cuernos al oriente;
Luna menguante – cuernos adelante.

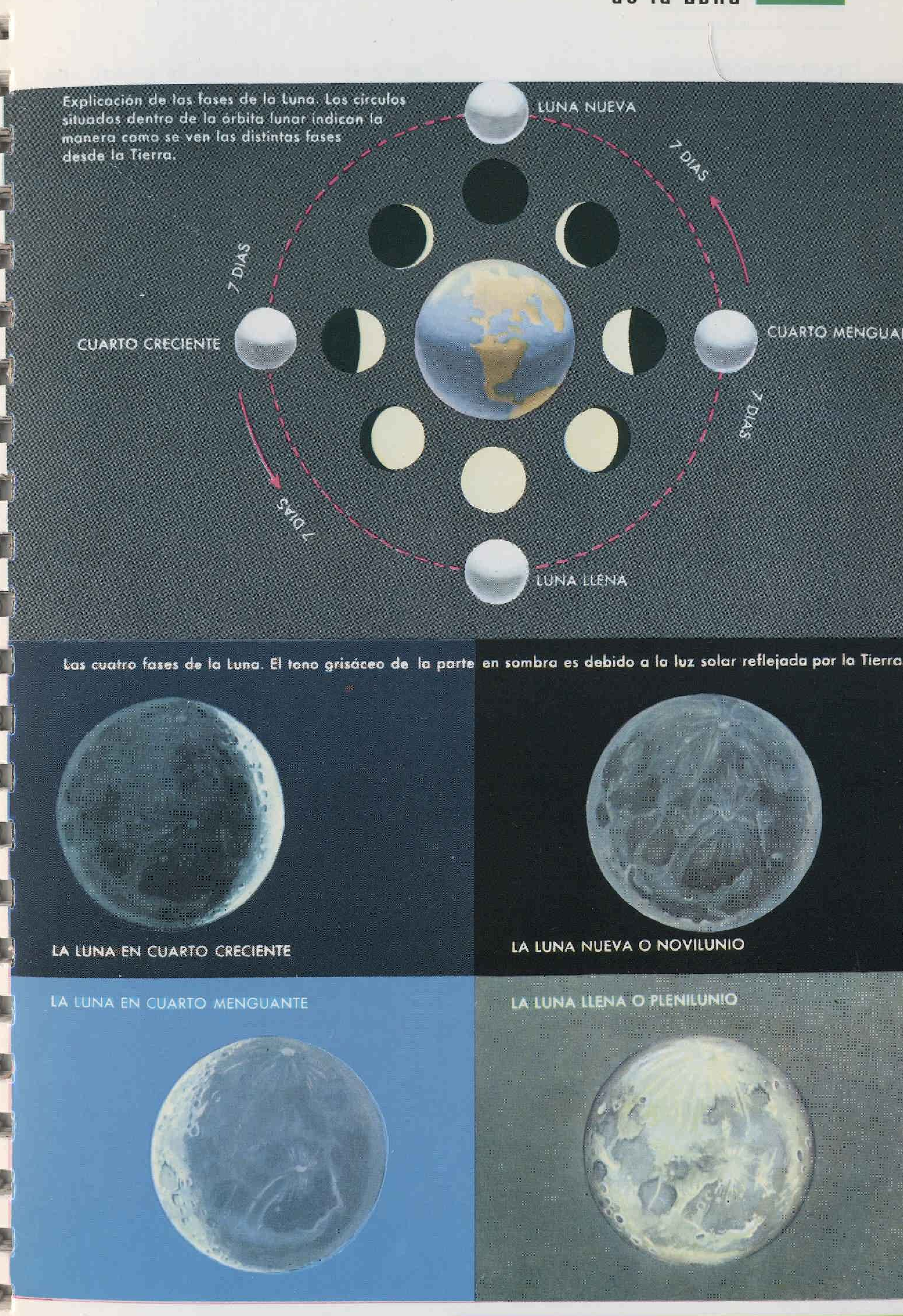
La luz cenicienta

En los días próximos al novilunio, se observa en la Luna una débil iluminación, que nos permite ver todo el disco. Este fenómeno, conocido con el nombre de *luz cenicienta,* se debe a la luz del Sol dos veces reflejada: primero, por la Tierra, y después, por el satélite. La luz cenicienta puede observarse perfectamente desde unos tres días antes del novilunio y hasta unos tres días después de esta fase.

La luz cenicienta se explica de la siguiente manera: durante el mes lunar o período completo de fases, la Tierra ofrece a la Luna fases análogas, pero en sentido contrario, o sea que hay Tierra nueva, cuarto creciente, Tierra llena y cuarto menguante, en los momentos de Luna llena, cuarto menguante, Luna nueva y cuarto creciente. De aquí resulta que la Tierra, en el momento del novilunio, ofrece a la Luna todo el hemisferio iluminado por los rayos solares, el cual, por reflexión, ilumina el hemisferio visible del satélite que a la sazón se encuentra iluminado por el Sol. Si la Tierra queda tan intensamente iluminada de noche, cuando sobre el horizonte brilla la Luna llena, mucho más iluminada ha de quedar la superficie lunar cuando sobre ella brilla la Tierra llena, así por razón de su mayor diámetro aparente como por ser nuestro planeta mejor reflector que no la Luna.

Rotación de la Luna

Los antiguos creían que la Luna carecía de movimiento de rotación, fundados en que nos presentaba siempre el mismo hemisferio; cuando precisamente esto mismo demuestra que gira en torno de su eje, si bien al mismo tiempo que da una vuelta alrededor de la Tierra, que es de 27 días y 8 horas aproximadamente. Por efecto de esta rotación hay en la Luna noche y día. La noche en la Luna dura 13 días y 16 horas, y otro tanto la claridad del día.



Explicación de las fases de la Luna. Los círculos situados dentro de la órbita lunar indican la manera como se ven las distintas fases desde la Tierra.

Las cuatro fases de la Luna. El tono grisáceo de la parte en sombra es debido a la luz solar reflejada por la Tierra

LA SUPERFICIE LUNAR

El suelo lunar se presenta extraordinariamente accidentado, pero sin trazas de erosión debida al agua o al viento, y esto, tanto el hasta ahora visible como el invisible, fotografiado en la época actual por los rusos.

Los mares lunares

Así se llaman unas grandes superficies de color oscuro, bordeadas en algunos sitios por extensas cadenas montañosas, superficies que, en algunas partes, se comunican entre sí. Entre otros mares, figuran: el *Mare Nectaris* (Mar del Néctar), *Mare Crisium* (Mar de las Crisis), *Mare Imbrium* (Mar de las Lluvias), *Mare Serenitatis* (Mar de la Seneridad), *Mare humorum* (Mar de los Humores), *Mare Tranquillitatis* (Mar de la Tranquilidad), *Occeanus Procellarum* (Océano de las Tempestades), etc.

En muchos puntos, el fondo de estos mares presenta arrugas, extensos promontorios, pequeños cráteres, etc., que forman un marcado contraste con las partes altas y muy reflectantes que los circundan.

Los circos y cráteres

Con el nombre de *circos* se designan unas extensas llanuras, de perímetro circular, ovalado o hexagonal, existentes particularmente en el hemisferio sur de la Luna, y rodeadas de altas murallas montañosas, algunos de cuyos picachos alcanzan notables alturas sobre el nivel de su fondo. Sus diámetros varían entre 70 y 250 kilómetros, con la particularidad de que, en algunas regiones, los circos lunares se superponen unos a otros. Entre los circos más conspicuos cabe destacar los de Eratóstenes, Copérnico, Tycho y Clavio.

En cambio, reciben el nombre de *cráteres* las formaciones circulares más pequeñas que se presentan entre los circos o dentro de ellos, así como también alineados a manera de rosarios en los mares, siguiendo, según se cree, líneas de rotura de la corteza lunar. Su número, en sólo el hemisferio visible, se eleva a unos 30.000 y sus diámetros oscilan entre los 300 metros y los 30 kilómetros.

Las cadenas montañosas

Los relieves más acentuados de la Luna son varias cordilleras o cadenas montañosas, cuyos picachos se elevan a 4.000 y 5.000 metros en los llamados Alpes, Apeninos y Cárpatos; a 6.000, en los montes Duerfel, y a más de 8.000 en los montes de Leibniz. En general, estas montañas se presentan muy escarpadas, sin duda por la ausencia de acciones erosivas que, como en la Tierra, suavicen las pendientes. Esas alturas lunares se han podido deducir con gran precisión, mediante la longitud de la sombra proyectada por las mismas, y no deja de llamar la atención su existencia en la Luna, dadas las reducidas dimensiones de este astro en comparación con las de la Tierra.

Origen de los circos y cráteres lunares

Existen tres teorías para explicarlo: la volcánica, la cósmica y la meteórica.

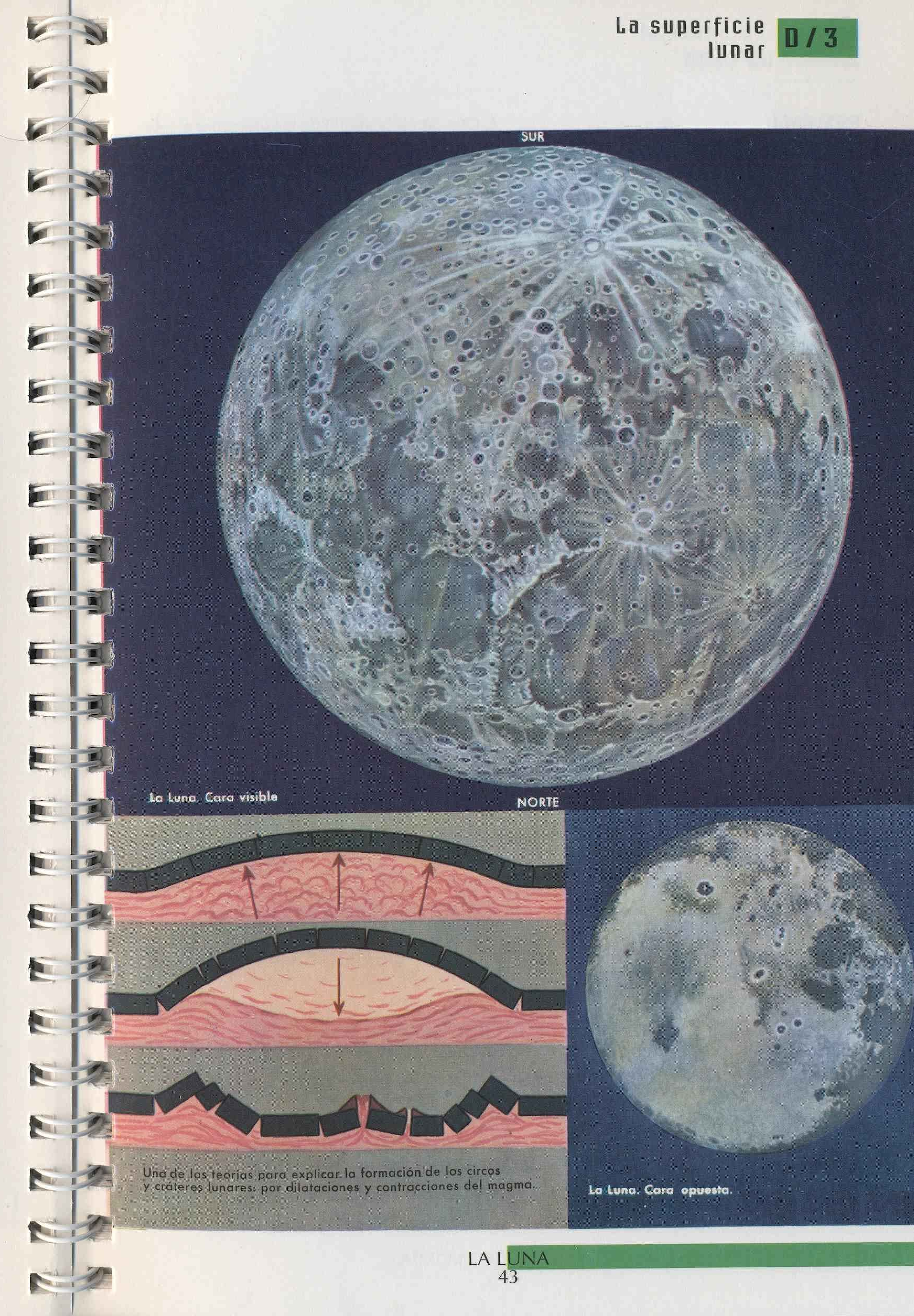
1.ª La idea del *origen volcánico* de los circos y cráteres lunares no sólo es la más obvia, sino incluso la admitida aún hoy día por la mayor parte de los astrónomos, fundados en la semejanza entre los cráteres lunares y los terrestres. La multitud de cráteres lunares se atribuye, en esta teoría, al hecho de que en la Luna los nuevos cráteres no se borran, como en la Tierra, por las acciones erosivas. Una dificultad contra esta explicación estriba en el hecho de que en la Tierra no existe ningún volcán activo cuyo cráter pase de 2 kilómetros, mientras que en la Luna, a pesar de tratarse de un astro mucho menor, los hay de hasta 250 kilómetros de diámetro.

2.ª La *hipótesis cósmica,* defendida por los astrónomos Loewy y Puiseux, supone que los circos lunares son consecuencia de colosales burbujas fomadas por los vapores salidos de su masa pastosa, al reventar; y en confirmación de ello, aducen dos burbujas convexas de unos 40 kilómetros de diámetro que dicen haber observado en la Luna.

3.ª La *hipótesis meteórica,* defendida por Proctor y otros, sostiene que los cráteres de la Luna se deberían a bólidos caídos en su suelo a la velocidad de 4 kilómetros por segundo, sin que esta velocidad se hubiese visto reducida por ninguna atmósfera. En la misma Tierra existen indicios de cráteres meteóricos debidos a aerolitos gigantes, como en los Estados Unidos (Arizona), Canadá y Australia.

¿Se producen cambios en el suelo lunar?

Desde hace más de 30 años se viene observando minuciosamente con telescopios el relieve lunar, y hasta el presente no ha sido posible establecer con seguridad ningún cambio en él. Los cambios de forma y color, observados por algunos astrónomos, son tan sólo aparentes, debidos a la distinta iluminación de los relieves lunares, según su fase.



La Luna. Cara visible

Una de las teorías para explicar la formación de los circos y cráteres lunares: por dilataciones y contracciones del magma.

La Luna. Cara opuesta.

INFLUENCIAS LUNARES

El fenómeno de las mareas

Todo observador, situado a la orilla de un océano, puede advertir cómo a cierta hora del día las aguas comienzan a subir o, lo que es lo mismo, se origina el *flujo* hacia la costa, cuya duración es de 6 h 12 mn, hasta alcanzar una altura máxima llamada *alta marea* o *pleamar,* y en la que se mantiene por espacio de media hora.
Transcurrido este tiempo, comienza a descender o producirse el *reflujo* de las aguas, cuya duración es también de 6 h 12 mn, y termina con un estado estacionario que dura asimismo una media hora, en el cual las aguas tienen el nivel mínimo, por lo que se dice que están en *baja marea* o *bajamar.* Después de esto, el nivel de las aguas sube de nuevo, y se repiten los hechos, según se acaban de describir, unas dos veces por día. Estos fenómenos periódicos reciben el nombre de *mareas.*

La Luna y las mareas

La explicación de las mareas la dio Newton al enunciar su célebre ley gravitatoria. Las mareas son originadas por las atracciones de la Luna y del Sol sobre las masas líquidas del planeta; pero como la Luna dista mucho menos de la Tierra que el Sol, su acción, a pesar de su menor masa, es 2,5 veces mayor que la de este astro, ya que la intensidad de las mareas es inversamente proporcional al cubo de la distancia que separa a la Tierra del astro que las ocasiona.
El Sol produce también mareas como la Luna, pero de mucha menor intensidad y espaciadas en 6 h. Pero en los novilunios y plenilunios, al sumarse los efectos de los dos astros, Sol y Luna, sobre las aguas, se producen flujos y reflujos más acentuados que los comunes, los cuales dan lugar a las llamadas *mareas vivas* o mareas de *sizigias.* Lo contrario sucede en los cuartos crecientes y menguantes de la Luna; puesto que entonces, por ser opuestas a las acciones del Sol y de la Luna, las mareas son mucho menos intensas y se conocen con los nombres de *mareas muertas* o *mareas de cuadraturas.*

La Luna y el tiempo

Ya el astrónomo Flammarion, a fines del siglo pasado, asentó el principio de que la acción luminosa o calorífica de la Luna es tan débil, que no puede explicar los prejuicios populares acerca de este astro sobre el tiempo y, por consiguiente, tampoco es dado establecer ningún pronóstico probable del tiempo por la Luna.

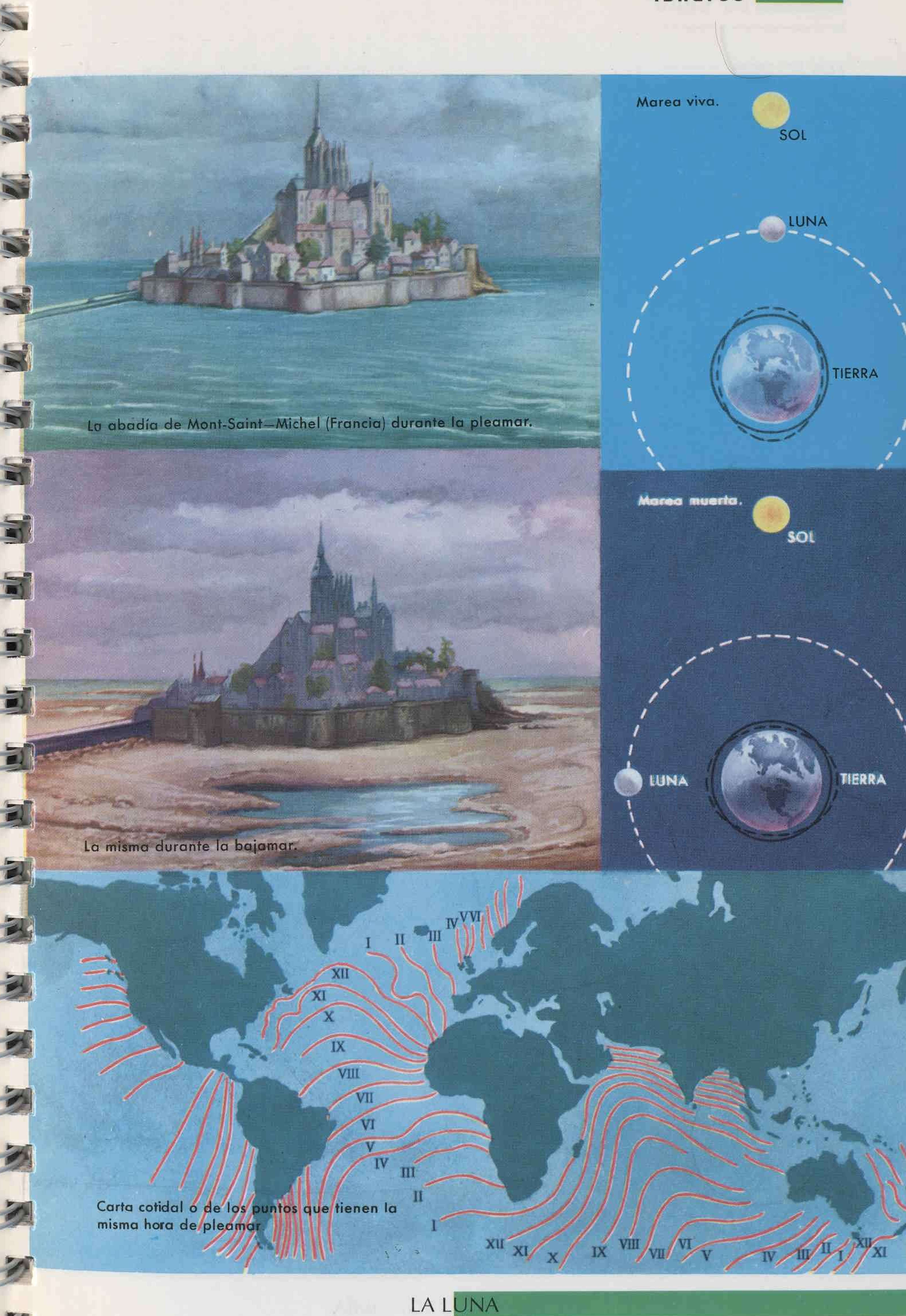
Otra presunta acción de la Luna sobre el tiempo se refiere a la pretendida disipación de las nubes por la Luna. El meteorólogo alemán O. Missnier, en un período de 80 lunaciones, no pudo descubrir tal efecto, sino más bien lo contrario, o sea un débil máximo de nebulosidad en Luna llena y un débil mínimo en novilunio.

La Luna y la vegetación

La creencia del influjo de la Luna sobre los vegetales puede decirse que es tan antigua como el mundo y, aún ahora, se halla muy arraigada en todos los países.
El astrónomo francés Abate Moreux confiesa de sí que no dista mucho de creer en semejante acción de la Luna. El horticultor Cardier, consagrado al cultivo de setas, asegura que la cosecha es siempre especialmente abundante durante los días 8 a 15 de cada lunación.
En cambio, el secretario del sindicato agrícola de Lagnes, en Francia, Henri Aymie, confiesa paladinamente su incredulidad en el influjo de la Luna sobre la fisiología vegetal, no precisamente por no atinar a explicar cómo tendría efecto este influjo, sino sobre todo porque, durante 25 años de práctica agrícola, no pudo descubrir ningún hecho favorable a esta creencia, y sí, por el contrario, muchos en contra.
Así, pues, no cree Aymie que la carcoma de la madera tenga nada que ver con la fase de la Luna en el momento de la tala de los árboles; pues en repetidas experiencias comprobó que la madera cortada en cuarto menguante sufrió los efectos de la carcoma, igual que la cortada en otras fases. Lo mismo dice acerca de las prácticas de los horticultores de tener en cuenta las fases de la Luna para las siembras, y acaba su informe deseando que, para bien de la agricultura, se deje de consultar a la Luna.

Acción de la Luna sobre el hombre

El astrónomo español Arcimis escribe a este propósito: "Entre los primeros abusos hay que mencionar el influjo atribuido a la Luna sobre la locura, erisipela, el sexo de los recién nacidos, las dolencias y enfermedades del alma y del cuerpo. Trabajo nos cuesta –añade– tener que rechazar estas invenciones groseras y sin fundamento. El examen más ligero basta para hacer comprender cuán absurdas y disparatadas son estas invenciones. Rechazar estos desvaríos con argumentos equivaldría a prestarles cierta atención, cuando en verdad sólo deben merecer de nuestra parte el más absoluto desdén".



La abadía de Mont-Saint-Michel (Francia) durante la pleamar.

La misma durante la bajamar.

Carta cotidal o de los puntos que tienen la misma hora de pleamar

LOS ECLIPSES

Efecto de los movimientos combinados de la Tierra y la Luna son los eclipses u ocultaciones del Sol y de la Luna. Hay eclipses de Luna cuando ésta no puede recibir los rayos del Sol por interposición de la Tierra entre el Sol y la Luna; este eclipse tiene efecto sólo en Luna llena, o sea en las épocas de oposición. Hay eclipse de Sol, cuando la Luna se interpone entre aquel astro y la Tierra, ocultando para nosotros total o parcialmente el disco solar: este eclipse sólo puede efectuarse cuando la Luna se halla en conjunción, o sea en Luna nueva.

Eclipses de Sol

En los *eclipses totales* de Sol, recorren la Tierra dos conos: uno de sombra y otro de penumbra. El primero, proyectado por la Luna, viene determinado por las tangentes exteriores comunes al Sol y a la Luna; la intersección de este cono por la superficie terrestre rara vez alcanza los 200 km de diámetro. La duración máxima de la fase total de un eclipse de Sol puede alcanzar en las zonas ecuatoriales hasta 8 minutos; si bien, por regla general, no pasa de 6 minutos; en cambio, la duración completa del fenómeno, con sus correspondientes fases de parcialidad, llega a veces en el ecuador a 4 h 10 mn.
El *eclipse anular* se verifica cuando el cono de sombra no tiene longitud necesaria para llegar directamente a la Tierra. En este caso, el cono opuesto al primero intercepta a la esfera terrestre aproximadamente según un círculo de hasta 300 km de diámetro, que se desplaza sobre nuestro planeta formando una prolongada y estrecha faja. La duración máxima de la fase anular llega a 12 minutos, cuando la Luna está en el apogeo de su órbita y el Sol en su perigeo.
Los *eclipses parciales* tienen efecto a ambos lados de la faja terrestre barrida por el cono de *sombra*. Ésta y, por tanto, la llamada *penumbra*, se van sucediendo de occidente a oriente sin solución de continuidad. Hay eclipses parciales sin haber eclipse total.

Eclipses de Luna

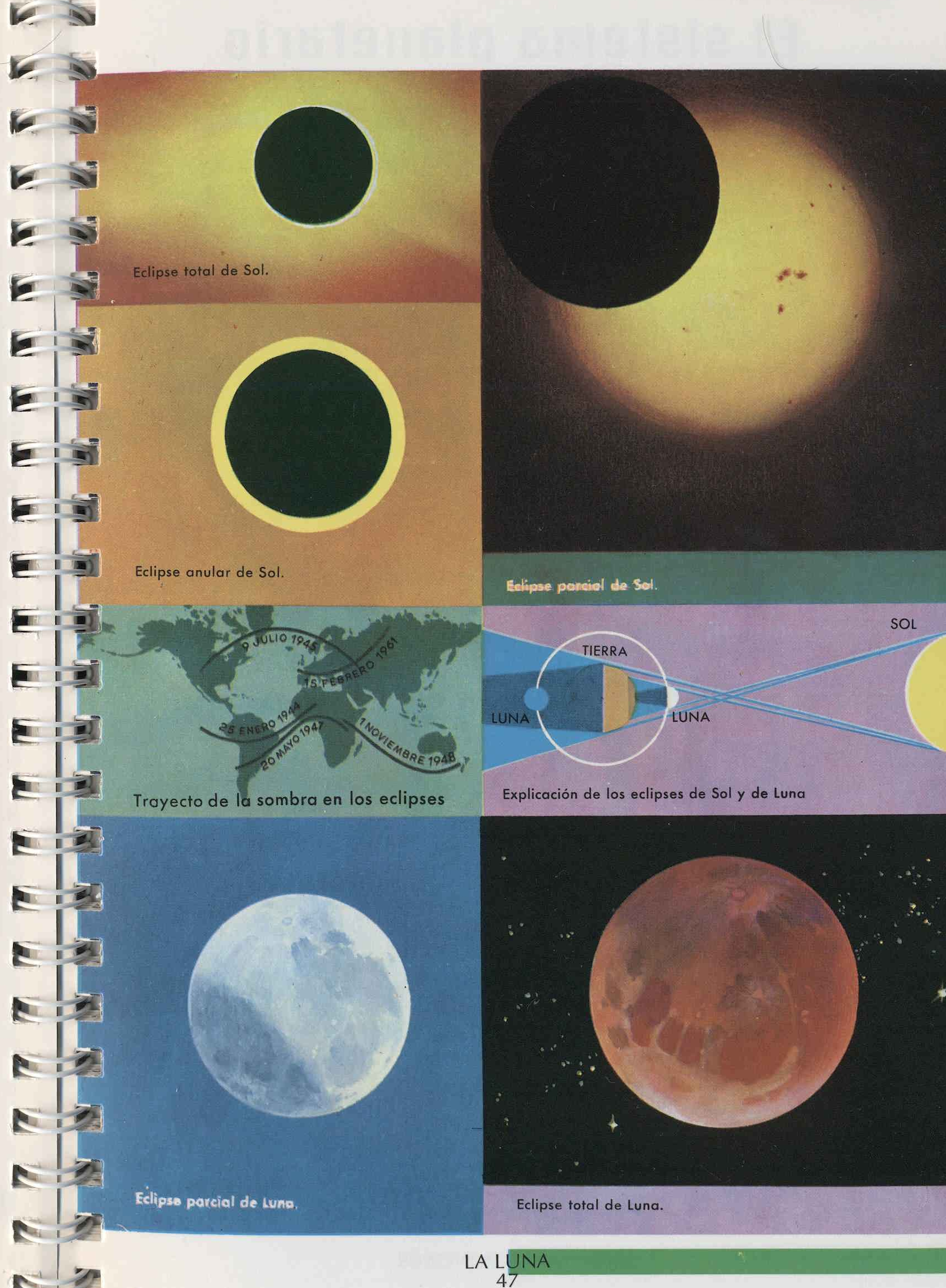
Si todo el globo lunar se sumerge en la sombra proyectada por la Tierra, el eclipse es *total;* si sólo una porción del disco se oculta en la sombra, quedando la otra parte en la penumbra, el eclipse es parcial. Pero, tanto en un caso como en otro, la Luna penetra primero en la penumbra, perdiendo poco a poco su brillo y, al salir del cono de sombra, lo recobra paulatinamente, hasta alcanzar el brillo primitivo. Esto hace prácticamente imposible determinar con exactitud el principio y fin del fenómeno; de aquí que los eclipses de Luna no sirvan, como los del Sol, para determinar con exactitud los movimientos de la Luna. En los eclipses de Luna siempre es su borde oriental el primero en entrar en la sombra.
En los eclipses totales de Luna, este astro permanece algo visible bajo un aspecto rojizo oscuro, lo cual se debe al desvío de los rayos solares que atraviesan la envoltura gaseosa de la Tierra y se desvían hacia el eje del cono de sombra, reduciendo la longitud del mismo.

Diferencias entre los eclipses de Sol y de Luna

Los eclipses de Sol sólo son visibles en una estrecha faja de la Tierra, y en forma distinta para los diversos observadores, según que se encuentren en la parte central de dicha faja o en las partes laterales de la misma. Es que dichos eclipses son efecto de perspectiva y, por consiguiente, dependientes de la posición del observador con respecto a la Luna y al Sol.
En cambio, los eclipses de Luna no dependen de la posición del observador terrestre, sino de la porción más o menos considerable del satélite envuelto en el cono de sombra proyectada por la Tierra, y la Luna, oscurecida por esta razón, total o parcialmente, aparecerá de la misma manera para todos los observadores que en aquellos momentos tengan la Luna sobre el horizonte.

Frecuencia de los eclipses

Cada 18 años y 11 días hay, por término medio, 70 eclipses, de los cuales 29 son de Luna y 41 de Sol, y entre estos últimos 17 anulares y 10 totales. El número de eclipses dentro del año varía entre 2 y 7; si no hay más que 2, como en 1916, son éstos de Sol, y en tales años no hay eclipses de Luna; si hay 7, cinco son de Sol y dos de Luna. Todos los eclipses se producen en dos épocas del año, distantes entre sí 6 meses.
Aunque los eclipses de Luna son en sí menos frecuentes que los del Sol, es mucho más probable presenciar un eclipse de Luna que no de Sol. La razón de ello es porque, cuando se eclipsa la Luna, se eclipsa para cuantos se encuentran en el hemisferio terrestre que mira a ella, mientras que un eclipse de Sol es tan sólo visible dentro de la estrecha faja recorrida por el cono de sombra, y así cada región determinada de la Tierra sólo tiene como promedio un eclipse total de Sol cada 360 años; en cambio, cada punto de la Tierra tiene, como promedio, un eclipse total de Luna cada 3 años.



Eclipse total de Sol.

Eclipse anular de Sol.

Eclipse parcial de Sol.

Trayecto de la sombra en los eclipses

Explicación de los eclipses de Sol y de Luna

Eclipse parcial de Luna.

Eclipse total de Luna.

El sistema planetario

GENERALIDADES SOBRE LOS PLANETAS

El Sol tiene, además de la Tierra, otros muchos planetas que giran a su alrededor: unos grandes, muy pocos, y otros pequeños, numerosísimos, que forman una especie de anillo, entre el cuarto y quinto de los grandes; anillo que modernamente ha dado pie para la clasificación de estos últimos en internos y externos. Según esto, los planetas internos, por orden creciente de distancias al Sol, son: Mercurio, Venus, la Tierra y Marte; los externos: Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón.

Elongación de los planetas

Durante la revolución de los planetas alrededor del Sol, el ángulo formado por las visuales dirigidas desde la Tierra a uno cualquiera de ellos, llamado *elongación,* va tomando valores variables que, para los planetas exteriores a la órbita terrestre (superiores), puede alcanzar los 180°, y, para los interiores a nuestra órbita (inferiores), no pasa nunca de 90°. La elongación máxima de estos últimos se llama *digresión* y, en los primeros, la elongación de 90°, *cuadratura*. En los casos en que el planeta y el Sol pasan aproximadamente al mismo tiempo por el meridiano del lugar, se tiene la llamada *conjunción,* y se dice que hay *oposición* cuando el Sol pasa por el meridiano superior, al tiempo en que el planeta pasa por el meridiano inferior.

Fases de los planetas

Los planetas inferiores, Mercurio y Venus, presentan fases completas, parecidas a las que nos ofrece la Luna. Los planetas superiores más próximos a la Tierra (Marte y Júpiter) presentan también fases, pero incompletas. Así en la oposición como en la conjunción, por enfrentar enteramente a la Tierra su hemisferio iluminado, dejan ver entonces todo su disco, y en las cuadraturas sólo dejan ver, poco más o menos, las tres cuartas partes de su disco iluminado.

Las órbitas planetarias

Los planetas, lo mismo que la Tierra, describen órbitas elípticas alrededor del Sol, siguiendo, como aquélla, la llamada ley de las áreas de Kepler, que dice: "El radio que une al Sol con los planetas se desliza sobre áreas iguales en intervalos de tiempo iguales". De conformidad con esta ley, la velocidad con que describen sus respectivas órbitas los planetas depende de su distancia al Sol, siendo máxima en el punto más cercano *(perihelio)* y mínima en el más lejano *(afelio).*

La ley de Newton aplicada a los planetas

Esta ley dice que "en el universo todo pasa como si los cuerpos se atrajesen con una fuerza proporcional al producto de sus masas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa".
Por esta ley se explica: 1.°, el hecho de que los planetas, en su movimiento en torno del Sol, sean tanto más lentos cuanto mayor sea la distancia a que se encuentran de este astro, y 2.°, la distinta velocidad que habría que imprimir a un cuerpo lanzado verticalmente desde la superficie de cualquier planeta para que no volviese a caer en él, sino que siguiese su curso por los espacios hasta llegar a la influencia de otro astro.
He aquí las velocidades medias de los planetas alrededor del Sol (A) y las de lanzamiento (B).

	A km/s	B km/s
Mercurio	47,5	3,6
Venus	34,8	10,2
Tierra	29,8	11,2
Marte	33,8	5,0
Júpiter	13,0	60,0
Saturno	9,5	36,0
Urano	6,7	21,0
Neptuno	5,4	13,0

Origen de los planetas

Entre las muchas teorías propuestas para explicarlo, una de las más aceptables es la de Chamberlin y Moulton, que supone el sistema planetario originado por el sucesivo desprendimiento de materia incandescente por parte del Sol, puesto que da cuenta de la diferencia de densidades existente entre los planetas, menor en los más lejanos.
Según esta teoría, la diferencia de densidades proviene de que los planetas exteriores hasta Neptuno fueron originados por los primeros anillos, cuando el Sol se hallaba a temperatura muy elevada y, por tanto, la materia desprendida de él era más tenue. La fuerza eruptiva del Sol alcanzó su máximo en Júpiter, lo que hizo que este planeta fuera el más voluminoso. Después, al decrecer dicha fuerza y, a la vez, la temperatura del astro central, fue cuando tuvo efecto la formación del planeta que se supone circuló entre Júpiter y Marte, que luego se fragmentó en multitud de asteroides. A continuación se desprendieron Marte, la Tierra, Venus y Mercurio, que fueron los primeros en contraerse y solidificarse.



PLANETAS INTERNOS

El planeta Mercurio

Su diámetro mide 4.720 km, de suerte que su volumen es veinte veces menor que el de la Tierra. Su revolución alrededor del Sol tiene una duración igual a la de rotación alrededor de su eje; de aquí resulta que en Mercurio no hay más que un día al año, día que dura como 88 días terrestres. Su distancia al Sol varía entre 46 y 70 millones de kilómetros.

Como Mercurio se aparta poco aparentemente del Sol, se hace difícil observarlo, ya que siempre, aun en las mejores condiciones de visibilidad, se halla envuelto en los resplandores del crepúsculo, unas veces poco antes de la salida del Sol y otras veces, poco después de la puesta de este astro. Además tiene la particularidad de presentar fases como la Luna y de carecer de satélites.

Prolijas observaciones de Mercurio han revelado que carece de aire o, si tiene algo, se halla en estado de sumo enrarecimiento. Tampoco tiene agua. Fotografías tomadas con los grandes telescopios actuales han revelado en el suelo de Mercurio unos desniveles de 3.000 a 4.000 metros.

El planeta Venus

Recibe el nombre de *lucero del alba,* cuando se presenta antes de la salida del Sol, y *lucero de la tarde,* una vez puesto este astro. Después del Sol y la Luna, se destaca por su brillo sobre los demás astros. Ofrece fases como la Luna, que fácilmente pueden observarse, no a simple vista, sino mediante un pequeño anteojo astronómico.

Las dimensiones de Venus son parecidas a las de la Tierra, pues su diámetro es de 12.300 km. Su distancia al Sol varía entre 107,3 y 108,7 millones de kilómetros, y su distancia a la Tierra oscila entre 38 y 259 millones de km, según que el astro se encuentre entre el Sol y la Tierra, o más allá del Sol. Este planeta también carece de satélites o lunas.

Según parece, Venus se encuentra envuelto en una densa capa de nubes. A la duración de su rotación hay astrónomos que le asignan sólo 22 h 17 mn y otros, una duración igual a la de traslación, o sea de 225 días terrestres.

Según deducciones de los astrónomos Schiaparelli y Lolfus, Venus debe de encontrarse actualmente, como la Tierra en la Era Primaria, con exuberante vegetación y atmósfera con poco oxígeno y muy cargada de anhídrido carbónico; por tanto, no apta para el hombre y, por añadidura, sujeto a terribles erupciones volcánicas como también las tuvo la Tierra en aquellos remotos tiempos.

El planeta Marte

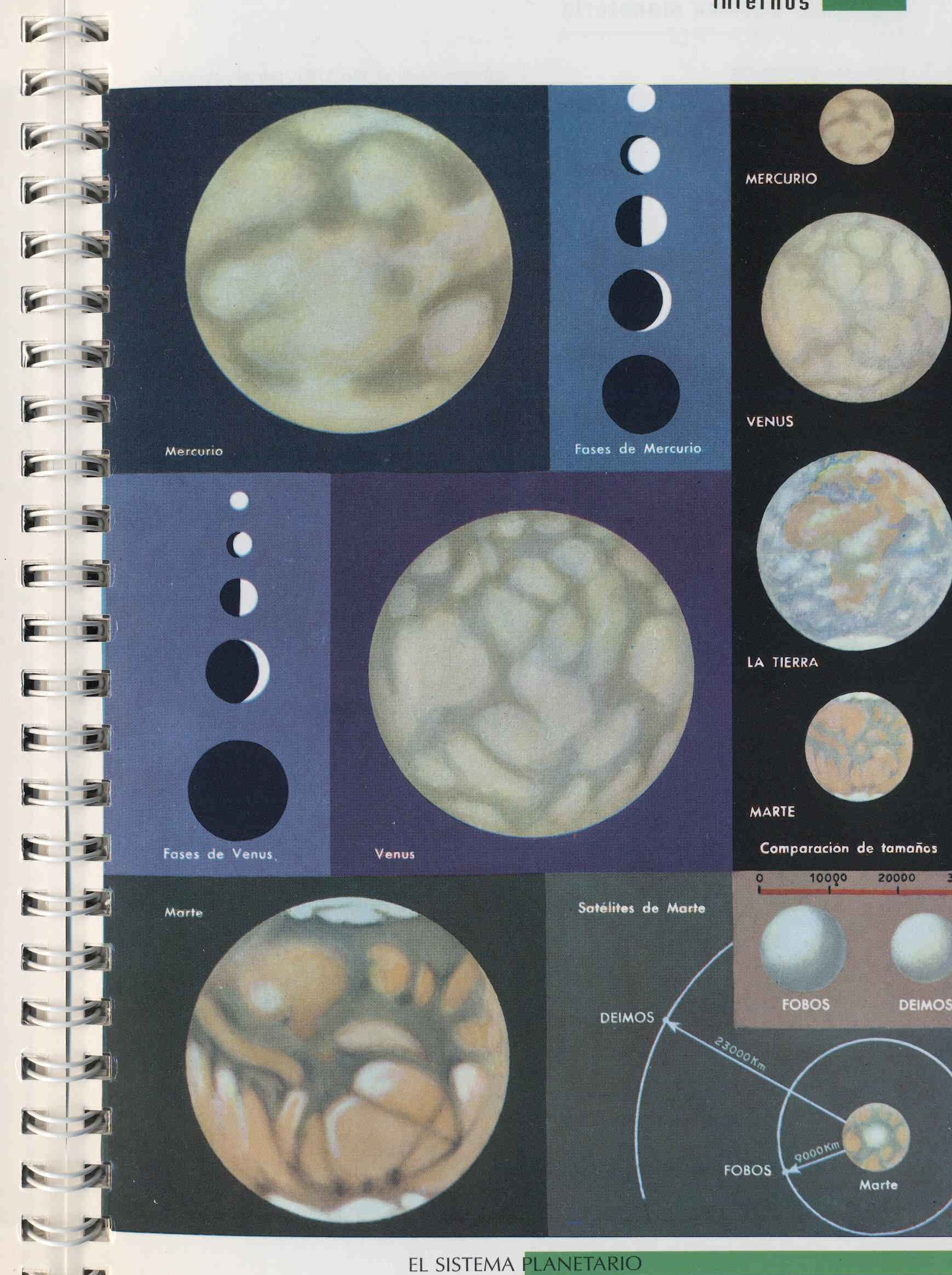
La coloración rojiza de su luz le ha valido el que los antiguos lo considerasen como el dios de la guerra. Su diámetro real es de 6.888 km, o sea algo más de la mitad del terrestre; de aquí que su volumen sea seis veces menor que el de la Tierra. Su distancia media al Sol es de 228 millones de kilómetros y su distancia a la Tierra puede variar entre 54 y 398 millones de kilómetros. El año de Marte es aproximadamente el doble del de la Tierra, o sea de 687 días; en cambio, el día es casi igual al de la Tierra, a saber, de 24 horas 37 minutos. Este planeta posee dos pequeños satélites, llamados Deimos y Fobos.

En Marte ha sido comprobada, de manera indudable, la existencia de una atmósfera, pero mucho más enrarecida que la terrestre. En ella se ha evidenciado la existencia de oxígeno y de anhídrido carbónico, pero en proporción mucho menor que en la Tierra. También se ha revelado en la atmósfera de Marte vapor de agua y nieves polares que desaparecen durante los veranos de los respectivos polos. Se ha calculado que la presión atmosférica en el suelo de Marte es sólo de 5 cm de mercurio. En el ecuador de Marte se han registrado temperaturas de +25 °C a mediodía y –50 °C a la salida del Sol, mientras que en los casquetes polares se ha encontrado la temperatura de –90 °C.

¿Existe vida en Marte?

Variaciones en los detalles han dado pie a la creencia de vida vegetal en Marte, dado que puede explicarse perfectamente por modificaciones en el crecimiento de la vegetación, correspondientes a variaciones de clima, a semejanza de lo que ocurre también en la Tierra. Por otra parte, las variaciones térmicas de Marte no son tan extremas, en comparación con las de algunas regiones terrestres.

La creencia de seres inteligentes en Marte estuvo en vigor algún tiempo, merced al descubrimiento efectuado por el astrónomo italiano Schiaparelli, según el cual la superficie de los llamados continentes marcianos aparecía surcada en todas direcciones por unas líneas estrechas, que recibieron el nombre de *canales,* considerándolos construidos por seres inteligentes. Pero esta suposición cayó por su base al desaparecer las tales alineaciones, cuando se observaba el planeta en telescopios más potentes.



PLANETAS EXTERNOS

El planeta Júpiter

Este planeta no sólo es mayor que cualquiera de los restantes del sistema solar, sino incluso que todos ellos juntos, ya que su diámetro es de 142.100 km, lo cual indica que su volumen es 1.300 veces mayor que el de la Tierra. Su distancia media al Sol es de 778 millones de kilómetros y su distancia a la Tierra oscila entre 584 y 961 millones de kilómetros. El año joviano se prolonga por espacio de casi 12 años y el día no llega a 10 horas. Tan rápida rotación en un planeta de semejantes dimensiones determina en el ecuador una velocidad de 12,5 kilómetros por segundo: semejante velocidad, aplicada al ecuador terrestre, nos obligaría a andar continuamente amarrados al suelo para no ser despedidos hacia los espacios interplanetarios.
Júpiter se nos presenta con un conjunto de bandas paralelas, que se cree son nubes de metano en estado líquido y de amoníaco en forma de cristales sólidos. La atmósfera, de 25 km de espesor, parece estar compuesta de hidrógeno y nitrógeno. Este planeta posee 12 satélites, cuatro de ellos muy grandes, y los ocho restantes, más pequeños.

El planeta Saturno

Resulta ser el planeta más típico de todo el sistema planetario solar por razón de su múltiple anillo, formado de miríadas de pequeños cuerpos o asteroides que giran en torno del gran planeta con independencia unos de otros. El diámetro de Saturno mide unos 120.000 kilómetros; según esto, pues, en su interior cabrían 745 Tierras. Su distancia media al Sol es de 1.428 millones de kilómetros y su distancia a la Tierra oscila entre 1.186 y 1.647 millones de kilómetros. Para dar vuelta al Sol, Saturno emplea veintinueve años y medio, y poco más de diez horas en ejecutar la rotación alrededor de su eje.
El núcleo de este planeta se ofrece rodeado de una espesa capa de densas nubes en cuyos estratos superiores predominan el metano y el amoníaco; este último seguramente en estado sólido. El planeta posee 10 satélites, uno de los cuales, llamado Titán, parece estar rodeado de una densa atmósfera muy parecida a la de Saturno y surcada de espesas nubes de metano y de amoníaco.

El planeta Urano

Para ver el planeta Urano es menester recurrir al telescopio. Así se explica que no fuera descubierto hasta el año 1781, por el astrónomo William Herschel. Su distancia al Sol es unas 19 veces mayor que la de la Tierra, o sea, 2.848 millones de kilómetros, y su distancia a la Tierra oscila entre 2.565 y 3.131 millones de kilómetros. Por ser su diámetro de 51.000 kilómetros, resulta que su volumen es 63 veces mayor que el de la Tierra. El año uraniano es de 84 años terrestres y el día, de 10 h 45 mn. Posee cinco satélites.
Su ecuador se halla perpendicular al plano de su órbita; de donde resulta un aumento considerable en la variación de las estaciones, pues cada hemisferio ve levantarse el Sol durante el verano hasta el polo correspondiente. Por lo demás, la composición física de Urano parece muy similar a la de Júpiter y Saturno.

El planeta Neptuno

Fue señalado teóricamente por el astrónomo francés Le Verrier y descubierto poco después en 1846 por el astrónomo alemán Galle en el sitio indicado por el primero. La distancia media de Neptuno al Sol es de 4.516 millones de kilómetros y su distancia a la Tierra oscila entre 4.309 y 4.694 millones de kilómetros. Su diámetro es de 53.000 kilómetros y su volumen 78 veces el correspondiente a la Tierra. La duración del año neptuniano es de 164 años y 280 días terrestres y su período de rotación parece ser de 15 h 40 mn.
La constitución física de Neptuno es, según se cree, similar a la que ofrecen los grandes planetas externos, o sea que comprende una envoltura gaseosa muy espesa, que contiene grandes cantidades de metano. Neptuno cuenta con dos satélites.

El planeta Plutón

El planeta fue descubierto en 1930 sirviéndose de cálculos del astrónomo Percival Lowell. Con este descubrimiento se extendió la región explorada del sistema planetario del Sol a algo más de 7.000 millones de kilómetros, dado que la distancia media de este planeta es de 5.845 millones de kilómetros, con distancias extremas correspondientes a 7.300 y 4.390 millones de kilómetros. Se desconocen con exactitud su diámetro y volumen. El tiempo que emplea en recorrer su órbita es de 247 años.
Dada su lejanía, Plutón debe de tener una temperatura bajísima y, por tanto, carece de atmósfera, a no ser de gases muy difícilmente liquidables, cuales son el hidrógeno, el helio o el neón. A Plutón no se le conoce ningún satélite.



LOS ASTEROIDES

Entre los planetas Marte y Júpiter existe una zona de unos 550 millones de kilómetros de anchura, por la que no circula ningún planeta importante, sino una multitud de pequeños planetas, conocidos con los nombres de *asteroides* o de *planetoides.*

Descubrimiento de los cuatro primeros

En la antigüedad nadie vio ni sospechó la existencia de semejantes pequeños planetas, hasta que J. E. Bode, en 1772, al enunciar su ley empírica referente a las distancias relativas de los planetas, expresó su opinión de que era "muy probable la existencia en el sistema solar de otros planetas, además de los hasta ahora conocidos. ¿Por qué razón existiría este gran espacio entre Marte y Júpiter donde no se ve ningún planeta?". Esta presunción se convirtió en realidad, pero por un descubrimiento casual, y fue de la siguiente manera.

El abate Piazzi, de la orden de los Teatinos y director del Observatorio de Palermo, en Sicilia, formaba parte de una asociación cuyo fin principal era buscar el planeta desconocido. El día 1 de enero de 1801, Piazzi, que estaba formando un catálogo estelar, anotaba cuidadosamente la posición de las pequeñas estrellas de la constelación del Toro, cuando distinguió una que no había visto anteriormente, y observó en los días siguientes que tenía un movimiento distinto al de las estrellas. Nuestro observador siciliano creyó, de momento, que se trataba de un cometa, pero Bode, entonces director del observatorio de Berlín, al recibir la noticia se convenció de que se había descubierto el planeta buscado. El matemático Gauss calculó la órbita y Piazzi dio al nuevo planeta el nombre de *Ceres,* divinidad mitológica protectora de Sicilia. Posteriormente, Olbers, astrónomo de Bremen, descubrió otro el 28 de marzo de 1802, que recibió el nombre de *Pallas.* Estos descubrimientos incitaron la búsqueda de más planetas, y así el 1.° de septiembre de 1804 Harding descubrió un planeta del mismo grupo, al que dio el nombre de *Juno,* y el antes citado Olbers descubrió el 29 de marzo de 1807 un cuarto pequeño planeta, al que llamó *Vesta.*

Se multiplican los descubrimientos

Pasaron 38 años sin que pudiese observarse ningún otro asteroide, hasta que Hencke, jefe de Correos de Berlín y aficionado a la astronomía, descubrió en los años 1845-47 otros tres. A partir de esta época se inició una verdadera actividad, no sólo entre los astrónomos, sino también entre los aficionados, y así el astrónomo italiano De Gaspari, a partir de 1849, descubrió otros nueve, y el pintor alemán Goldschmidt catorce, desde 1852 a 1861. Posteriormente se han ido sucediendo los descubrimientos de asteroides. Actualmente puede estimarse en más de 2.000 el número de estos pequeños mundos descubiertos. El astrónomo Stroobant, del observatorio de Uccle, en Bruselas, estimó, fundado en consideraciones teóricas, que su número total debe ser de 60.000 a 100.000.

Registro de los descubrimientos

Hasta el año 1939 todos los descubrimientos de satélites eran centralizados en el "Rechen Institut" de Berlín. Después de la Segunda guerra mundial se hizo cargo de este trabajo el observatorio de Leningrado, el cual en 1950 publicó las efemérides de 1.535 pequeños planetas. Actualmente, la oficina central radica en el Observatorio de la Universidad de Cincinnati (E.U.A.). Comas y Solá tiene en su haber 11 asteroides, tres de los cuales no han sido aún incluidos en la lista oficial. Entre los admitidos figuran "Hispania" con el número 807, "Alfonsina" con el número 925 y "Barcelona" con el número 945.

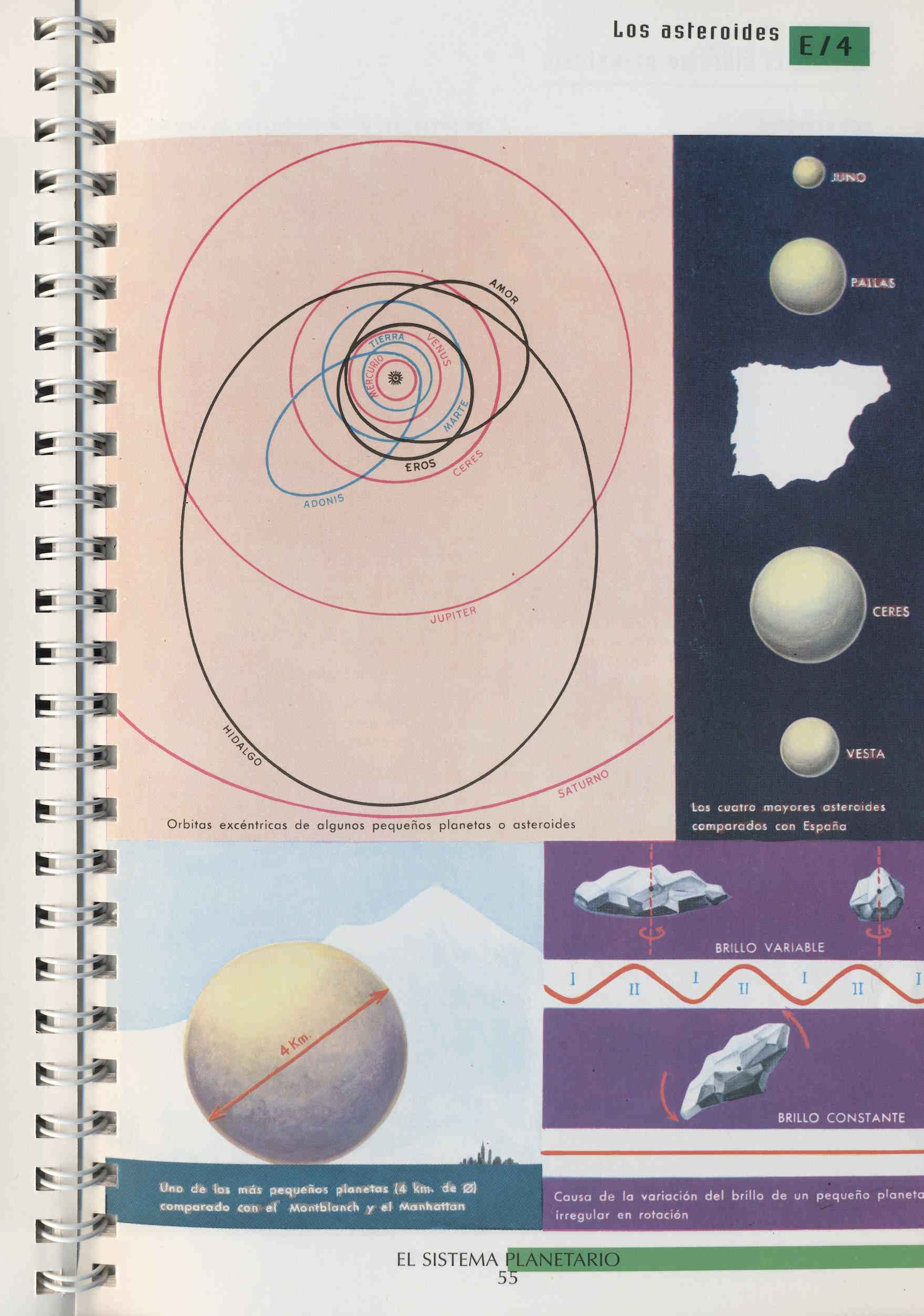
Tamaños y órbitas

Las dimensiones de los asteroides son en extremo variables, aunque todas muy pequeñas. Los cuatro mayores, Ceres, Pallas, Vesta y Juno, tienen respectivamente diámetros de 768, 483, 385 y 193 kilómetros, pero la mayor parte de los restantes no alcanzan los 100 kilómetros, y otros no llegan a los 4 kilómetros.

En cuanto a sus órbitas, gran número de ellas se caracterizan por su fuerte excentricidad y por su gran inclinación sobre la eclíptica. Al principio se creyó que las órbitas de los asteroides formaban un anillo homogéneo entre las de Marte y Júpiter; posteriormente se ha visto que algunos se separan notablemente de esta zona. Hay órbitas excéntricas que llegan hasta las proximidades de Mercurio, mientras otras van más allá de Júpiter, a distancias comparables con las de Saturno y Urano.

Origen de los asteroides

La opinión más común da por asentado que los asteroides tuvieron su origen al producirse el choque de dos planetas. Corrobora esta hipótesis la comprobación de que, salvo pocas excepciones, parecen presentar superficies fracturadas.



Orbitas excéntricas de algunos pequeños planetas o asteroides

Los cuatro mayores asteroides comparados con España

Uno de los más pequeños planetas (4 km. de Ø) comparado con el Montblanch y el Manhattan

Causa de la variación del brillo de un pequeño planeta irregular en rotación

LOS COMETAS

Cómo se presentan los cometas

Los cometas suelen presentarse primero con una débil luminosidad que emite una o varias prolongaciones en dirección opuesta a la del Sol, y después, cuando se alejan del astro central, se van reduciendo, y acaban por desaparecer completamente a la mirada escrutadora de los astrónomos.
Estos astros, examinados con el telescopio, se advierte que están formados de un disco luminoso bien definido, llamado *núcleo,* a cuyo alrededor se extiende una nebulosidad conocida con el nombre de *cabellera* o *coma.* Ambas partes constituyen la *cabeza* del cometa, de la cual surgen a veces una o varias prolongaciones o *colas.* En los cometas se ha observado una gran variedad de colas: filiformes, múltiples y a manera de abanico, delgadas y largas.

Dimensiones

Ya las *cabezas* de los cometas, cuando éstas se hallan en las proximidades del Sol, son con frecuencia tan grandes, que superan en diámetro al radio de la órbita de la Luna. Cometa ha habido, como el de 1811, en que la cabeza era más voluminosa que el Sol. Pero en los casos de un *núcleo* bien definido, su diámetro varía desde algunas decenas de kilómetros, como un cometa de 1798, hasta varias veces el volumen de la tierra, como en otro de 1845.
Las longitudes de las *colas* cometarias son muy variadas. Son comunes los cometas con colas de 20, 50 y más millones de kilómetros. Así la cola del gran cometa de 1847 medía 212 millones de kilómetros; la del cometa de 1680, 240 millones, y la del cometa de 1843, unos 320 millones de kilómetros.

Masa de los cometas

En general, se puede decir que no responde, ni de mucho, a sus dimensiones, puesto que no ejerce prácticamente efecto alguno sobre las masas vecinas. Así en 1889 un cometa pasó por entre los satélites de Júpiter sin perturbar sus órbitas, cuando menos de una manera apreciable, a pesar de haber recibido él mismo una sacudida tan fuerte que le hizo reducir su período de 27 a 7 años.

Órbitas cometarias

Son sumamente variables, así en formas como en dimensiones e inclinaciones. Pues las hay elípticas, casi siempre muy alargadas; como las hay también parabólicas e hiperbólicas, con las dos ramas que no se cierran, por lo cual los cometas que siguen este trazado no vuelven a aparecer jamás.
Los cometas que siguen órbitas elípticas reaparecen periódicamente con más o menos frecuencia, según las dimensiones de estas órbitas y la velocidad con que las recorren. El cometa de más corto período es el *Enke,* que aparece cada 3 años; sigue el *Biela,* con un período de 6 años y 9 meses, que en 1848 se dividió en dos, que reaparecieron en 1852 y desde entonces no han vuelto a aparecer más; el *Halley,* descubierto en 1662, tiene un período de 76 años: su última aparición tuvo efecto en 1986, con la particularidad de que la cola llegó a envolver la Tierra.

Número de cometas

El astrónomo francés Bigourdan, desde el año 2349 antes de Jesucristo, hasta el año 1899, pudo identificar 1.277 cometas, 56 de los cuales son periódicos con período inferior a 100 años. En 1954 se publicó un catálogo de cometas en el cual figuran las órbitas de los observados desde el año 467 antes de Jesucristo hasta el año 1952. El número total de apariciones cometarias en ese período de tiempo asciende a 1.647, comprendiendo 222 retornos de cometas periódicos.

Composición de los cometas

Es creencia general entre los astrónomos que las cabezas de los cometas están formadas por algunos fragmentos sólidos de regular tamaño y de multitud de fragmentos mucho más pequeños, todos ellos envueltos en hielo debido a los gases que también entran en su formación y que, cuando los cometas se hallan en las lejanías del Sol, se hielan, depositándose alrededor de los fragmentos pétreos. Pero al llegar a las cercanías de nuestro sistema, el hielo se sublima, formando una aureola que rodea al núcleo y diminutas partículas son repelidas por la presión de la radiación procedente del Sol, dando lugar a la formación de las colas cometarias.

Origen de los cometas

Siempre ha intrigado el origen de tan singulares astros. Es opinión bastante general que su origen no es igual para todos. Unos podrían ser pequeñas nebulosas atraídas por el Sol en su recorrido intersideral hacia la estrella Vega de la Lira; otros podrían estar constituidos por los fragmentos resultantes de explosiones ocurridas en alguna estrella o quizás en el mismo Sol; otros, finalmente, podrán ser los restos de mundos destruidos, que vagan por el espacio hasta que una nueva atracción los vuelva a reunir.



Disposición de la cola de un cometa respecto al Sol

Orbita del cometa Hall

El cometa Morehouse en 1908

Aspecto habitual de un cometa

Cabezas de algunos cometas comparadas con la Tierra

El cometa Halley en 1

LOS ASTROLITOS

El fenómeno de las estrellas fugaces

Las estrellas fugaces se presentan como puntos luminosos, que, después de recorrer una trayectoria más o menos amplia, desaparecen a los pocos instantes dejando o no trazo luminoso.
En todas las épocas del año se presentan estrellas fugaces emanando desde distintos puntos del cielo, como fenómenos independientes unos de otros. En estos casos las estrellas fugaces se llaman *esporádicas.* Por término medio, en noches despejadas y sin Luna, llegan a verse unas 50 estrellas fugaces por hora, lo que da un total de 1.200 para un lugar determinado, y como el número de horizontes de 125 km de radio en todo el globo es de 10.000, de aquí se deduce que diariamente se producen en toda la Tierra unos 12 millones de estrellas fugaces por día o 4.380 millones por año.
En determinadas épocas del año se presentan muy numerosas, como si surgieran de ciertos puntos de la esfera celeste, llamados *radiantes,* formando verdaderos enjambres de trayectorias paralelas e iguales velocidades en sus desplazamientos cuando emergen del mismo radiante. Los enjambres más notables de estrellas fugaces son: las llamadas *Peseidas* o *Lágrimas de San Lorenzo,* los días 10 a 13 de agosto, y las *Leónidas,* del 11 al 13 de noviembre.

Lluvias de estrellas

De cuando en cuando, en épocas espaciadas, se presentan enjambres de estrellas fugaces especialmente numerosos: son las llamadas *lluvias de estrellas,* como la observada la noche del 12 de noviembre de 1838. En esta ocasión, durante más de 4 horas, el cielo ofreció el sublime espectáculo de una conflagración universal. Algunos observadores la estimaron en más de 10.000 por hora. Otra lluvia de estrellas, aunque no tan conspicua, fue en la noche del 9 de octubre de 1933, visible en el oeste de Europa.

Origen y naturaleza

Las estrellas fugaces son, en realidad, pequeños cuerpos sólidos, de muy pocos gramos de masa, que vagan por los espacios intersiderales, si bien siguiendo órbitas precisas y determinadas como las de los planetas y cometas. La Tierra, en su curso anual alrededor del Sol, se sumerge a veces en esas nubes de materia cósmica.
Estos diminutos cuerpos al atravesar nuestra atmósfera se ponen incandescentes por frotamiento, dado que llevan una velocidad del orden de 72 kilómetros por segundo, y la temperatura a que pueden llegar está comprendida entre 3.000 y 7.000 grados, lo cual explica su rápida volatilización. La altura por donde pasan oscila comúnmente entre 70 y 150 kilómetros. Sin embargo, con el radiotelescopio se han registrado alturas entre 176 y 250 kilómetros.

Los bólidos

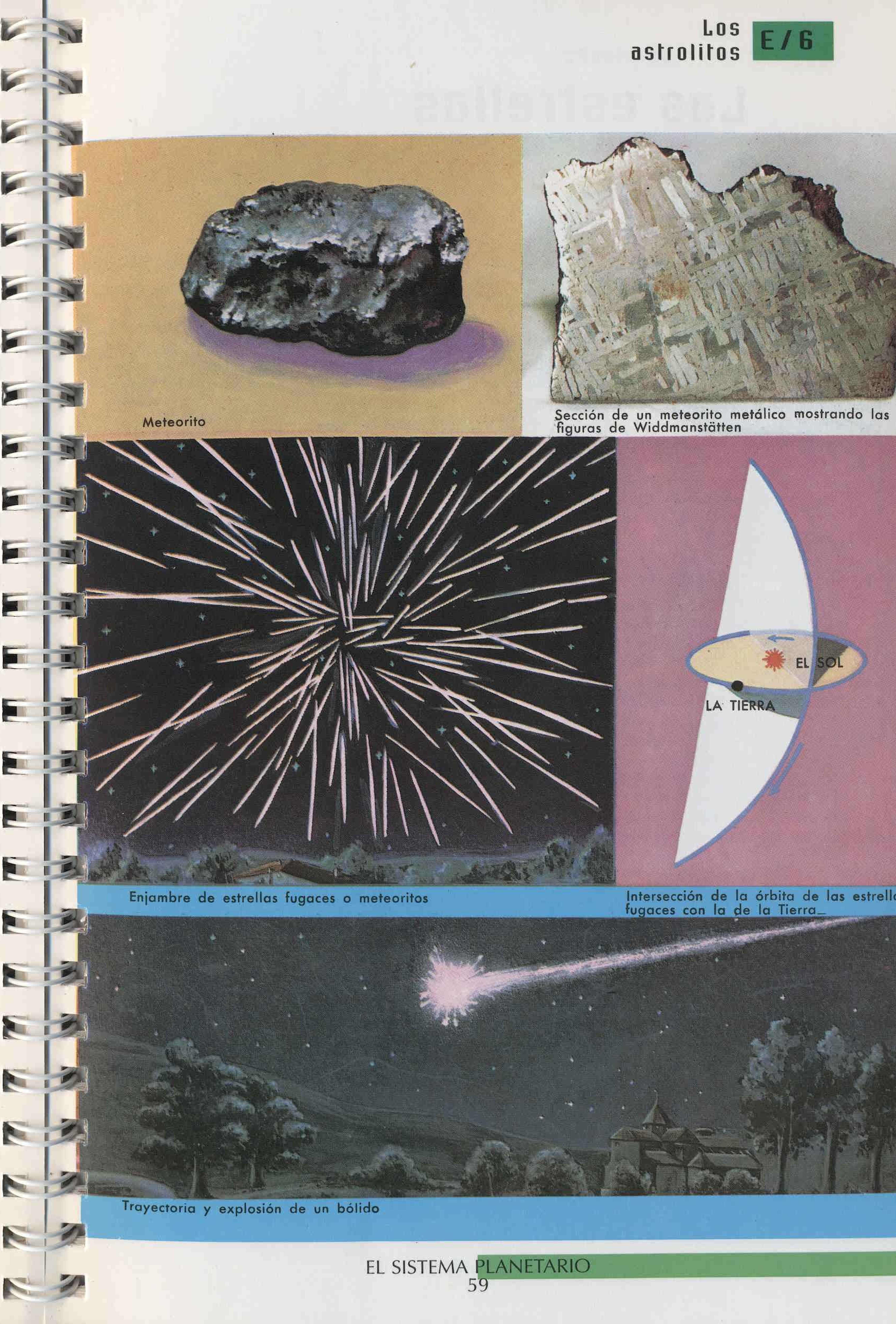
Estos astrolitos sólo se diferencian de las estrellas fugaces en su tamaño, es decir, en su masa, por cuanto siendo mucho mayor que en aquéllas, pueden atravesar la atmósfera sin volatilizarse, a pesar del intenso roce que experimentan con ella. Se ofrecen con fuerte intensidad luminosa y velocidad relativamente lenta.
Algunos bólidos ofrecen diámetros aparentes comparables al de la Luna y hasta pueden hacerse visibles en pleno día; pero, por lo común, su intensidad luminosa es del orden del planeta Venus. En ocasiones los bólidos se subdividen en fragmentos, brillantes también, que se asemejan a los cohetes. Mas otras veces la disgregación sobreviene antes de penetrar en la atmósfera, y entonces se ofrece una bandada de bólidos con trayectorias paralelas que dejan largas estelas de fuego en su camino. La aparición de bólidos suele ir acompañada de fuertes detonaciones y, en ocasiones, les sigue la caída de piedras sobre la superficie terrestre.

Un bólido notable

Una de las explosiones más formidables de bólidos registradas en los tiempos modernos fue la del bólido que a las 9,30 de la mañana del 10 de febrero de 1896 apareció sobre Madrid con un brillo superior al del mismo Sol y sembrando el pánico sobre toda la región central de España. La sacudida de la detonación fue tan intensa que el barómetro osciló súbitamente 11 mm arriba y abajo, y varios tabiques y ventanas de los alrededores de la ciudad cedieron a la presión y se derrumbaron.

Piedras caídas del cielo

Con este nombre y con el de *aerolitos* se designan los astrolitos, enteros o fraccionados, caídos a la Tierra que han podido ser recogidos y estudiados. Algunos de ellos se han introducido en el suelo hasta gran profundidad. Los hay de los más variados tamaños, incluso de hasta 209 toneladas. Por su composición química se dividen en dos grupos: *aerolitos pétreos,* de materiales como algunas de nuestras rocas, y *aerolitos terrosos,* formados de hierro y algunos otros metales, como níquel, cobalto, cromo, etc.



Meteorito

Sección de un meteorito metálico mostrando las figuras de Widdmanstätten

Enjambre de estrellas fugaces o meteoritos

Intersección de la órbita de las estrellas fugaces con la de la Tierra

Trayectoria y explosión de un bólido

Las estrellas

LAS CONSTELACIONES

Clasificación por magnitudes

La clasificación de las estrellas por magnitudes se fija, no en su volumen o tamaño real, ni tampoco en su brillo real, sino en su brillo aparente, o sea tal como se nos presentan a nosotros desde la Tierra.

Las estrellas visibles a simple vista se hallan comprendidas dentro de las seis primeras magnitudes, siendo las de 1.ª magnitud las más brillantes y las de 6.ª magnitud las más débiles. En total suman unas 6.000, de las cuales sólo 20 son de 1.ª magnitud. Con unos simples prismáticos se descubren muchas más; pero, sobre todo, con los grandes telescopios asuxiliados de la fotografía. Una evaluación de las estrellas hasta la 21.ª magnitud las hace ascender a 900 millones.

Clasificación por grupos

Ya en la remota antigüedad se formaron con las estrellas grupos extensos llamados *constelaciones* –y por cierto de manera bien arbitraria– que, de acuerdo con las imágenes que los pueblos antiguos tenían más grabadas en su memoria, recibieron nombres de animales, de héroes y de leyendas míticas. En algunas constelaciones, la distribución de las estrellas ofrece cierta semejanza con el ser u objeto que le sirve de nombre, como el Triángulo, la Corona Boreal, la Cruz del Sur, etc. Pero las más no recuerdan, ni aun remotamente, la figura que significan, como el Carnero (*Aries*), el Toro (*Taurus*), Hércules, el Navío, etc.

Historia de las constelaciones

Esta división del cielo estrellado en constelaciones ha perdurado hasta nuestros días, a pesar de su arbitrariedad e irregularidad. Las constelaciones del cielo austral se deben a navegantes que surcaron los mares australes y a misiones científicas. De esta manera nacieron las constelaciones: el Compás, el Sextante, la Cruz del Sur, el Indio, el Ave del Paraíso, el Taller del Tipógrafo, el Caballete del Pintor, etc.

La Unión Astronómica Internacional sancionó en 1928 un proyecto de delimitación de las constelaciones, en el que los límites de las mismas se hallan exclusivamente formados por arcos de círculos horarios y de paralelos de declinación para el equinoccio de 1875. Se adoptó este equinoccio porque, a base de él, está hecha la magna obra de Gould *Uranometría Argentina.*

Principales constelaciones

El total de constelaciones es de 64, las cuales se dividen en boreales (25), zodiacales (12) y australes (27). Las principales *constelaciones boreales,* entendiendo por tales las del norte del Zodíaco, son: Andrómeda, Águila, Cochero, Boyero, Casiopea, Cefeo, Cisne, Corona Boreal, Delfín, Hércules, Lira, Ofiuco, Osa Mayor, Osa Menor, Pegaso, Perros de Caza, Perseo, Serpiente y Triángulo.

Las *constelaciones zodiacales* forman una faja de unos 20° de anchura, que circunda completamente al cielo y se denomina *Zodíaco,* por los muchos nombres de animales (del griego *dsoodíon* "animal"), que figuran en estas constelaciones. Son 12, a saber: Aries, Tauro, Géminis, Cáncer, Leo, Virgo, Libra, Escorpión, Sagitario, Capricornio, Acuario y Piscis.

Las principales *constelaciones australes,* entendiendo por tales las del sur del Zodíaco, son: Altar, Ballena, Can Mayor, Can Menor, Centauro, Cruz del Sur, Cuervo, Erídano, Grulla, Liebre, Navío, Orión, Pez Austral y Triángulo Austral.

Las estrellas de cada constelación

En la antigüedad griega se designaban las estrellas por el lugar que ocupaban en la figura de la constelación; y así se decía: el *Ojo del Toro* (Aldebarán), el *Corazón del Escorpión* (Antarés), el *Pie del Centauro,* etc. También les dieron nombres propios, como *Sirio* (el brillante), *Antares* (émulo de Marte), *Régulo, Capella, Mira,* etc.

Bayer (1572-1660), en su *Uranometría,* introdujo la costumbre, seguida aún hoy día, de designar las estrellas de una misma constelación y por orden de brillo aparente o magnitud, con las letras del alfabeto griego, llamando *Alfa* (α) a la más brillante.

Localización de las constelaciones

La manera más sencilla de localizar o reconocer las constelaciones en el cielo consiste en comparar su aspecto con el de alguna carta celeste. Pero cuando se carece de tal adminículo, débese recurrir a alineaciones sucesivas, sirviéndose de ciertos puntos de referencia como la posición del polo celeste, los cuatro puntos cardinales o alguna de las constelaciones más conspicuas.



HEMISFERIO BOREAL

Planisferio celeste

Constelaciones zodiacales →

HEMISFERIO AUSTRAL

CORDERO
TORO
GEMELOS
CANGREJO
LEON
VIRGEN
BALANZA
SAGITARIO
ESCORPION
CAPRICORNIO
ACUARIO
PECES

TIPOS DE ESTRELLAS

Color de las estrellas

Al fijar la vista en las estrellas, pronto se advierte en ellas cierta variedad de colores. Precisamente esta observación suscitó en el astrónomo italiano Padre Secchi, S. I. (años 1863 a 1867), la idea de clasificarlas, desde este punto de vista, por considerar que estaba relacionado con su temperatura y con el espectro. De esta suerte formó cuatro grupos: estrellas rojas, anaranjadas, amarillas y blancas. La actual división de las estrellas por su color comprende 12 tipos, designados con las letras del alfabeto, por el siguiente orden: O B A F G K M N P Q R S.

Tipo O: Estrellas "Wolf-Rayet", blanco-verdosas (35.000°K); *Tipo B:* estrellas "Orión", azuladas (25.000°K); *Tipo A*: estrellas "Sirio", blancas (11.000°K); *Tipo F:* estrellas "Sirio-Sol", blanco-amarillentas, (11.500°K); *Tipo G:* estrellas "Sol", amarillas (6.000°K); *Tipo K:* estrellas "Arturo", anaranjado-amarillentas (4.700°K); *Tipo M:* estrellas "Antarés", anaranjadas (3.000°K); *Tipo N:* estrellas "carbono", anaranjado-rojizas (2.600°K); *Tipo P:* corresponden a nebulosas gaseosas; *Tipo Q:* estrellas "novas"; *Tipo R:* estrellas "carbono" rojo-anaranjadas (2.300°K); Tipo S: "R del Cisne", rojas.

Dimensiones de las estrellas

Hay gran variedad de tamaños. El astrónomo danés Herztsprung comenzó en 1905 a llamar *gigantes* a las estrellas de enorme volumen y *enanas* a las estrellas de muy diminuto tamaño. Estos nombres han hecho fortuna en astronomía. Entre las gigantes están las llamadas actualmente *supergigantes,* en razón a sus dimensiones casi inconcebibles. Tales son, entre otras: *Betelgeuse,* de la constelación del Orión, cuyo volumen es 27 millones de veces superior al del Sol; *Alfa* de Hércules, 64 millones de veces el de dicho astro, y *Antares,* de la constelación Escorpión, que lo es 113 millones de veces.

Forman contraste con estos colosos las estrellas *enanas,* como la compañera de Sirio, la Van Maanen y la Kuiper, que tienen un volumen aproximadamente igual al de la Tierra. El Sol, a pesar de ser 1.300.000 veces mayor que la Tierra, pertenece al grupo de las estrellas enanas.

En cambio, como todas las estrellas poseen una masa aproximadamente igual a la del Sol, de aquí resulta que las estrellas gigantes tienen una densidad extraordinariamente débil; en Betelgeuse, por ejemplo, es 40.000 veces inferior a la del agua; mientras las estrellas enanas la tiene exorbitantemente mayor: Van Maanen 400.000 y Kuiper, 36 millones de veces mayor que la del agua.

Estrellas múltiples

Entre las estrellas las hay no pocas que, a pesar de presentarse a simple vista o con el telescopio como sencillas, están constituidas de dos o más estrellas muy cercanas entre sí y que forman sistemas físicos regidos por las leyes de la gravitación universal. En todo sistema de estrellas múltiples suele existir una estrella principal y otra u otras secundarias, llamadas *compañeras* o *satélites.*

Estrellas variables

Hay estrellas que cambian de color o de intensidad de brillo, razón por la cual reciben el nombre de *variables.* Las primeras estrellas en que se advirtieron estos cambios fueron: *Mira,* de la Ballena, que quiere decir "maravillosa", precisamente por estos cambios, y *Algol,* de Perseo, que significa "diabólica", llamada así por los árabes a causa de sus raras fluctuaciones.

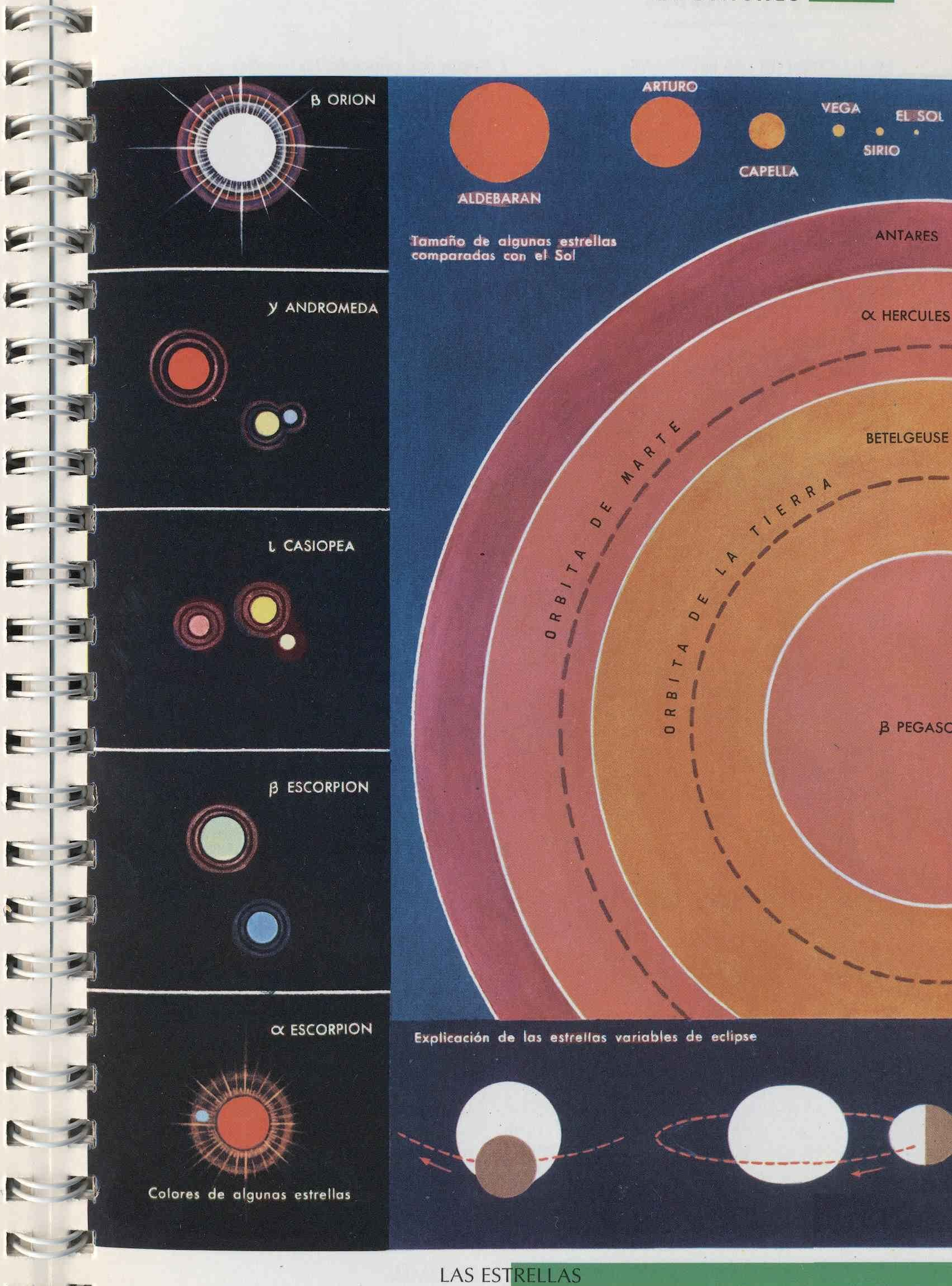
Cuatro son las principales clases de estrellas variables:

1.ª clase: *Variables de período regular y causa conocida,* cual es la ocultación periódica de la superficie del astro principal por otro u otros, que giran en torno de él; por esto se llaman también *variables de eclipse.* A ella pertenece la estrella *Algol.*

2.ª clase: *Variables de período regular y causa incierta.* Son las estrellas llamadas *cefeidas,* por tener como prototipo *delta* de Cefeo, que han adquirido gran celebridad, dado que se prestan a determinar las distancias de los cuerpos celestes en ciertos casos en que la trigonometría resulta impotente.

3.ª clase: *Variables de período irregular,* con cambios bruscos y frecuentes, cuyo prototipo es *Mira* de la Ballena.

4.ª clase: *Variables sin período,* que se ofrecen en dos grupos principales, según que se conozcan muchas variaciones de brillo sin plazo fijo o una sola. En el primer caso se llaman *caprichosas,* como R de la Corona Boreal, que persiste años siendo de 6.ª magnitud, y de repente palidece haciéndose 4.000 veces menor, pues llega a la 15.ª magnitud. Al segundo grupo pertenecen las llamadas estrellas *nuevas* o *novas,* como la *Nova de Casiopea,* que en 1572 pudo observarse en pleno día, pues llegó a superar el brillo de Venus, y se ha quedado de 12.ª magnitud.



EVOLUCIÓN DE LAS ESTRELLAS

Se ha querido apreciar las fases sucesivas de la evolución de las estrellas, con sólo examinar la variedad de las mismas; como en una selva se puede conocer el proceso evolutivo de los árboles con sólo examinar los que se encuentran en las distintas fases de su evolución, cuando por la lentitud de su crecimiento no nos es dado seguir la evolución de ningún árbol en particular.

Teoría del Padre Secchi, S. I.

Este astrónomo propuso una teoría sobre la evolución de las estrellas, según la cual éstas nacerían de una nebulosa gaseosa sometida a muy alta temperatura; pero, andando el tiempo, las estrellas se enfriarían por radiación y entonces su luz pasaría al color amarillo, a la vez que su masa se contraería; continuando esta evolución, se transformarían en anaranjadas y luego en rojas, compactas y de pequeño volumen, hasta perecer por extinción. Pero las experientcias de laboratorio sobre los espectros, en función de la temperatura y grado de condensación, hicieron cambiar esta manera de ver.

Hipótesis de Russell

Este autor, al descubrir que las estrellas rojas de tipo M ofrecían dos clases de espectro, a pesar de hallarse todas ellas a la misma temperatura de 3.000°C, modificó la evolución propuesta por el P. Secchi en el sentido de que las estrellas pasarían dos veces por coloración roja, una en forma de gigantes, de escasísima densidad y baja temperatura, y otra en forma de enanas. Dicha temperatura iría aumentando gradualmente hasta convertirlas en blancas o azuladas (tipo B) y luego disminuiría en forma progresiva, al recorrer la rama descendente de la curva, hasta quedar convertidas en enanas rojas, que depués se extinguirían.

Hipótesis de Eddington

Eddington se preguntó si todas las estrellas recorren los mismos estadios. Su duda provino de haberse comprobado que todas las estrellas enanas de la misma clase poseen idénticas masas, mientras que las estrellas gigantes de la misma clase poseen masas diferentes. Este hecho sugirió a Eddington la idea de que en la evolución estelar deben de intervenir no sólo la temperatura y la densidad, sino también la masa, diciendo que el brillo máximo que, en el decurso de su vida, puede alcanzar una estrella, depende únicamente de su masa inicial.

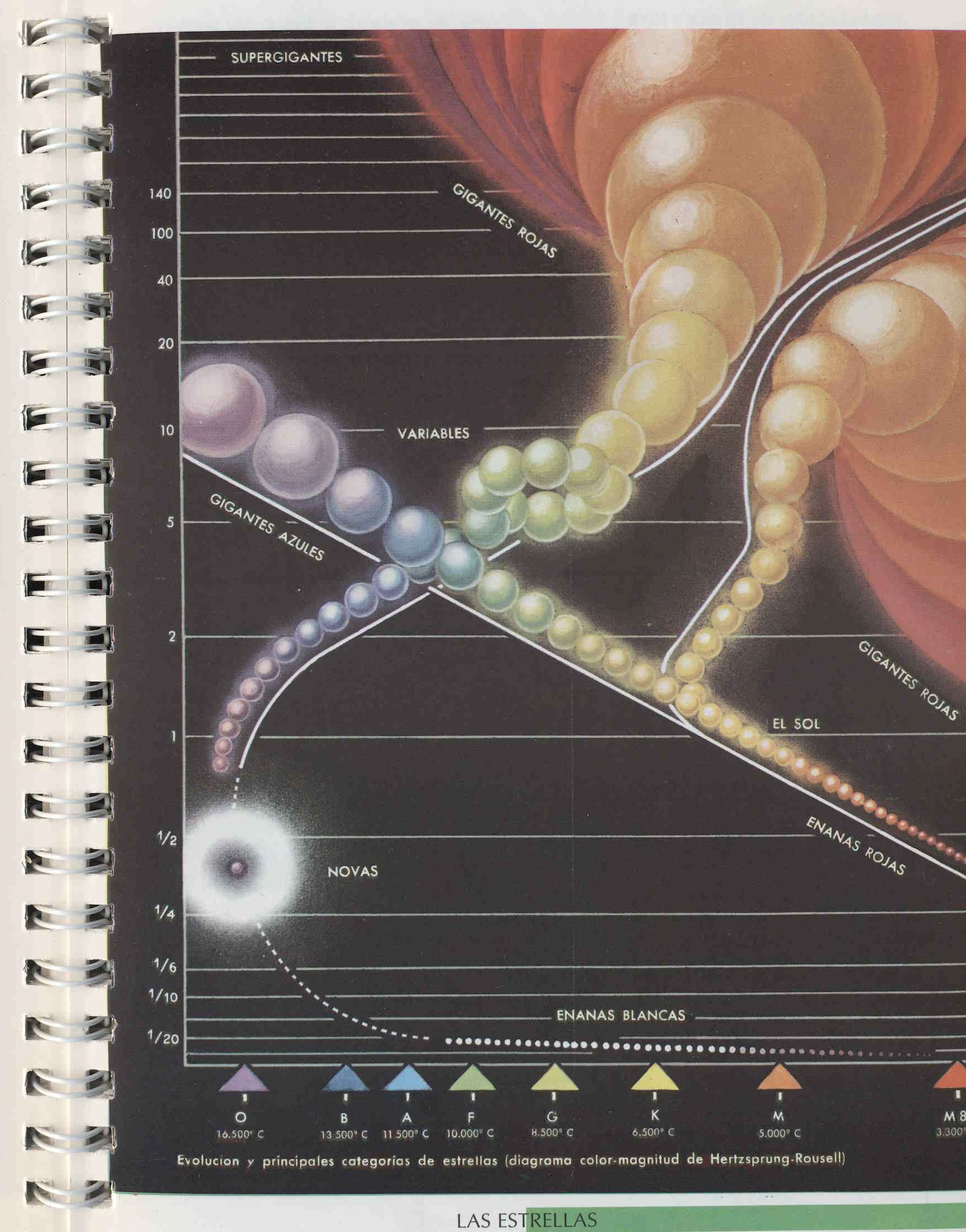
Según este principio, las estrellas de gran masa (unas 8 a 10 veces la del Sol) pasarían por todos los estadios hasta B y las estrellas poca masa inicial (de 1 a 8 veces la del Sol) comenzarían su ocaso antes de llegar a B, o sea en A, F, G, o K, según fuese esta masa.

Nuevos puntos de vista

El descubrimiento de que la energía estelar se debe principalmente a la conversión del hidrógeno en helio ha hecho que, cuando menos para las estrellas gigantes rojas, la hipótesis de Eddington no parezca apropiada, por cuanto la temperatura relativamente baja de su núcleo no es susceptible de favorecer la transformación de hidrógeno en helio, que precisamente en estas estrellas debe producirse en gran escala para dar cuenta de su enorme producción de energía. Para las gigantes rojas se ha tenido, pues, que suponer la existencia de modelos no homogéneos en los cuales una gran parte del hidrógeno central ha sido transformado en helio.
Cuando el núcleo de helio alcanza el 12 por 100 de la masa, se contrae sobre sí misma y la envolvente de la estrella se enfría. Al alcanzar la masa del núcleo un 20 por 100 de la correspondiente a la estrella, se produce un nuevo recrudecimiento, recorriendo aquélla la línea de las gigantes rojas. Cuando la masa de helio excede del 50 por 100 de la masa total de la estrella, su contracción puede iniciar el proceso de la condensación del helio en carbono. Estas reacciones dan seguramente por resultado el declive del astro, hasta que se ha consumido todo el hidrógeno.

Época de transición

Cuanto más se profundiza en la física y química estelar, más difícil aparece dar con alguna explicación que dé cuenta de todos los nuevos descubrimientos. Proporcionará una idea de esta dificultad el saber que hoy existen más de 20 hipótesis para explicar la formación de las estrellas, sin contar las clásicas de Kant y Laplace, referidas principalmente a nuestro Sol. Por esto, se trata de encontrar de nuevo el verdadero sentido de la evolución de las estrellas.
Así se explica que haya podido decirse que, en lo referente a la evolucion estelar, nos hallamos en una "época de transición", o, más propiamente, de espera: se trata de un problema en el cual están trabajando activamente varios astrónomos; los datos acumulados son muchos y variados. La impresión que se tiene es que faltan aún algunas piezas, a pesar de ser tan numerosas las que se poseen, del gran rompecabezas de la evolución estelar.



Evolucion y principales categorías de estrellas (diagrama color-magnitud de Hertzsprung-Rousell)

ORIENTACIÓN EN TIERRA Y MAR

Orientarse es sencillamente reconocer la posición de los puntos cardinales: Norte, Sur, Este y Oeste, en un lugar de la superficie de la Tierra, ya sea para dirigir convenientemente la ruta que uno lleva en los viajes o para disponer adecuadamente las fachadas de los edificios.

Orientación de día por el Sol

Se hace fácilmente, sabiendo que el Sol sale por el Este, se pone por el Oeste y que a mediodía o momento de su culminación, atraviesa el meridiano por el lado Sur en el hemisferio boreal y por el lado Norte en el hemisferio austral. De aquí que, para orientarse durante el día, basta extender los brazos de suerte que el brazo derecho se dirija al punto de donde sale el Sol, y el brazo izquierdo al punto por donde se pone: el Norte, en el hemisferio boreal, quedará de cara y el Sur a la espalda. Lo contrario sucederá en el austral.

Orientación de noche por las estrellas

En el hemisferio boreal no ofrece la menor dificultad orientarse, por razón de la estrella Polar, que es muy visible y fácil de reconocer. Para ello, basta colocarse de cara a la estrella Polar, y se tendrá el Norte delante de sí, el Sur detrás, el Este a la derecha y el Oeste a la izquierda.
En el hemisferio austral la orientación durante la noche resulta imprecisa, por no haber en el polo Sur ni en sus proximidades ninguna estrella brillante, fácil de reconocer. Con todo, puédese llegar a cierto grado de aproximación poniéndose de cara a la Cruz del Sur: entonces se tendrá el Sur delante de sí, el Norte detrás, el Este a la izquierda y el Oeste a la derecha.

Método de la brújula

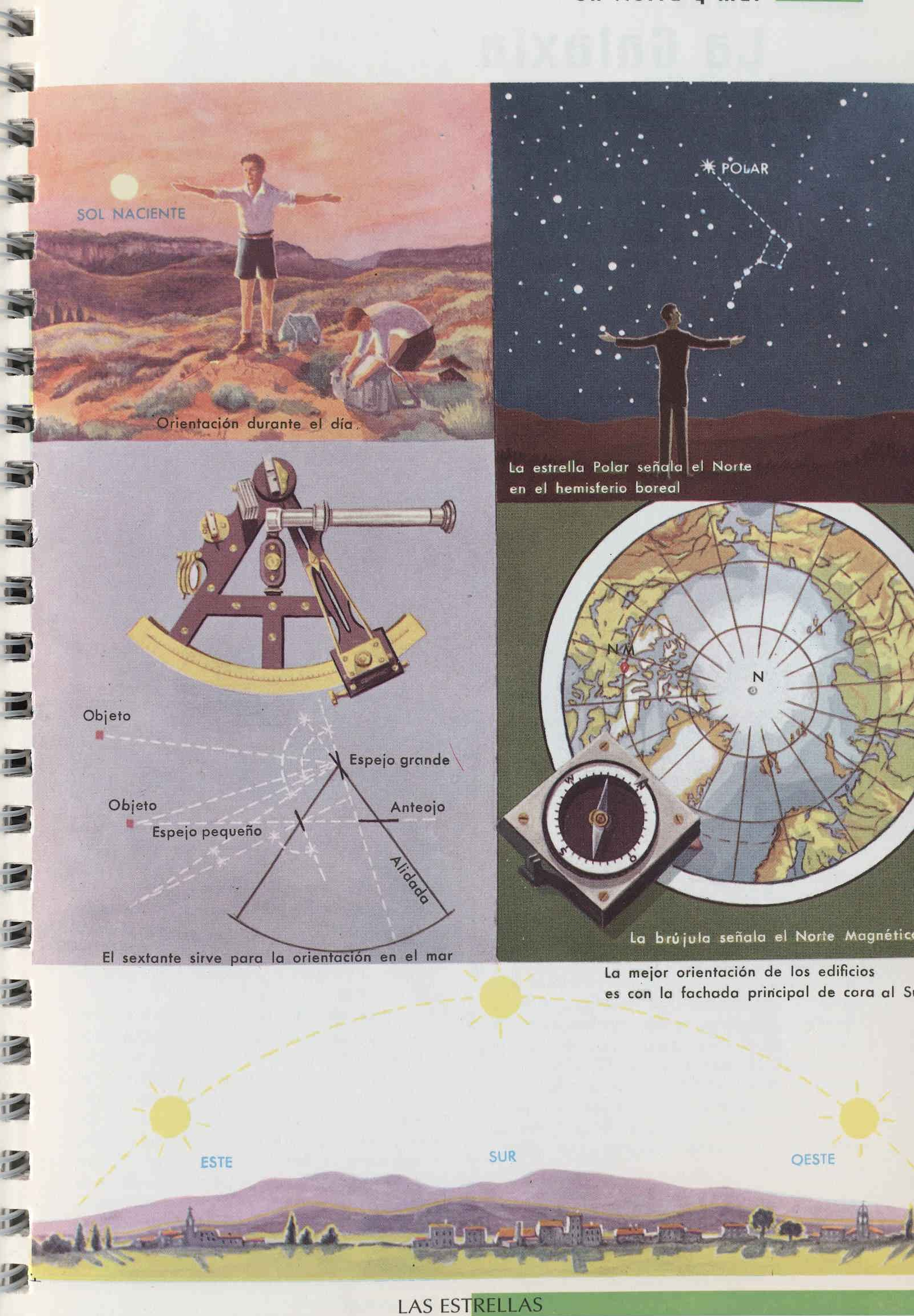
La orientación por la brújula se funda en la propiedad que tiene la aguja imanada, cuando puede girar libremente en torno de un eje vertical, de orientarse formando un ángulo con la meridiana (línea N-S), conocido con el nombre de *declinación magnética*.
Supóngase, pues, que, para una región dada, el valor de la declinación sea de 15° Oeste. La meridiana estará inclinada 15° hacia el oriente de la dirección señalada por la brújula. Como se ve, este método supone el conocimiento de la declinación magnética de cada lugar que, en las principales naciones, suele encontrarse ya en cartas llamadas magnéticas, dispuestas al efecto. En ellas suele indicarse, además, la variación secular de la declinación magnética, que es distinta para cada punto de la Tierra.

Orientación en el mar

En el mar, la orientación de los marinos se presenta bajo dos formas, llamadas respectivamente "navegación por estima" y "navegación astronómica".
La "navegación por estima" se basa en el empleo de dos instrumentos: uno que sirve para indicar al marino la *dirección* de su ruta, lo cual se hace mediante el empleo de la brújula, llamada asimismo *compás*, o también por el giróscopo, particularmente en los buques de hierro; el otro instrumento es el registrador de hélice "loch", fijado en la extremidad de un cable que, arrastrado detrás del navío, da vueltas por el roce con el agua y mide el camino recorrido.
La "navegación astronómica" implica la posición en el mar (latitud y longitud) por la observación de los astros. La determinación de la latitud, o paralelo sobre el que se encuentra el navío, se obtiene mediante la altura angular del polo celeste, sobre el horizonte del lugar. Esto se logra determinando la culminación de una estrella o del Sol mediante el aparato conocido con el nombre de *sextante*. En la práctica se enfoca el Sol un poco antes de llegar al meridiano (S_1) y se le va siguiendo hasta el momento en que comienza el descenso (S). La lectura que entonces se obtiene corresponde a la altura del Sol sobre el horizonte.
La longitud o distancia en grados al meridiano tomado como origen de longitudes, que es el de Greenwich (junto a Londres), se obtiene conociendo la hora de dicho meridiano en el momento en que pasa el Sol por el lugar de observación o sea el mediodía verdadero. Ahora, por la radio, es facilísimo saber, en cualquier momento del día, la hora de Greenwich.

Orientación de los edificios

Es frecuente, al construir edificios, que una de las fachadas principales esté orientada de cara al mediodía. Para ello basta buscar la meridiana, por alguno de los procedimientos antes explicados, sabiendo que su perpendicular es la línea Este-Oeste. Al hacer esto, débese tener presente el hemisferio en que uno se encuentra. En Europa y Norteamérica la fachada Sur es la que recibe más horas de Sol; en Sudamérica y en Australia, por el contrario, es la fachada Norte. En Europa se llama *mediodía* el Sur, y en Sudamérica el Norte.



Orientación durante el día

La estrella Polar señala el Norte en el hemisferio boreal

El sextante sirve para la orientación en el mar

La brújula señala el Norte Magnétic

La mejor orientación de los edificios es con la fachada principal de cara al S

La Galaxia

POBLACIÓN ESTELAR

En las noches serenas, sobre todo en el campo y en ausencia de la Luna, es dado observar en el cielo una ancha franja blanquecina que lo rodea como un arco de círculo máximo y en el que se aprecian extrañas irregularidades. Los antiguos la llamaron *Vía Láctea;* en España *Camino de Santiago,* porque durante la época en que los peregrinos de toda Europa se reunían para visitar la tumba del Apóstol, en Santiago de Compostela, les parecía que la Vía Láctea los orientaba en dirección a esta ciudad. En la actualidad se llama Galaxia (del griego *galaxías,* lácteo) y sabemos que está formada de un extraordinario número de estrellas o soles.

Constitución de la Galaxia

Examinando con el telescopio la Galaxia o Vía Láctea, se advierte que las nubes blanquecinas de que, al parecer, está formada, no son otra cosa que inmensas agrupaciones estelares, en las que las estrellas pueden contarse por centenares de miles y hasta por millones. Nuestro sistema solar se halla hacia el borde, en la dirección opuesta al Sagitario y desplazado ligeramente hacia el norte del plano fundamental del sistema.
La Galaxia es atravesada en ciertos sitios por unos a manera de surcos negros, de trazo irregular y sin estrellas, llamados *sacos de carbón,* debidos a masas gaseosas o de polvo cósmico, entre la Vía Láctea y nosotros.

Forma y dimensiones

La Galaxia, vista de perfil, presentaría la forma de una lente convexa, cuyo diámetro se cree ser unos 100.000 años/luz, en cuyo centro hay una gran concentración de etrellas. El espesor del núcleo central es de unos 12.000 años/luz, y va disminuyendo hacia la periferia.
Todo el conjunto está rodeado por unas 100 agrupaciones esféricas de estrellas llamadas cúmulos globulares, y, observados desde la Tierra, sólo 5 de ellos aparecen en un hemisferio celeste, al paso que los 88 restantes se hallan en el opuesto. Esto se debe a un fenómeno de perspectiva, o sea al hecho de que el Sol y, por consiguiente, también la Tierra, se encuentran en posición excéntrica con respecto a la Galaxia.

Nuestro sistema estelar local

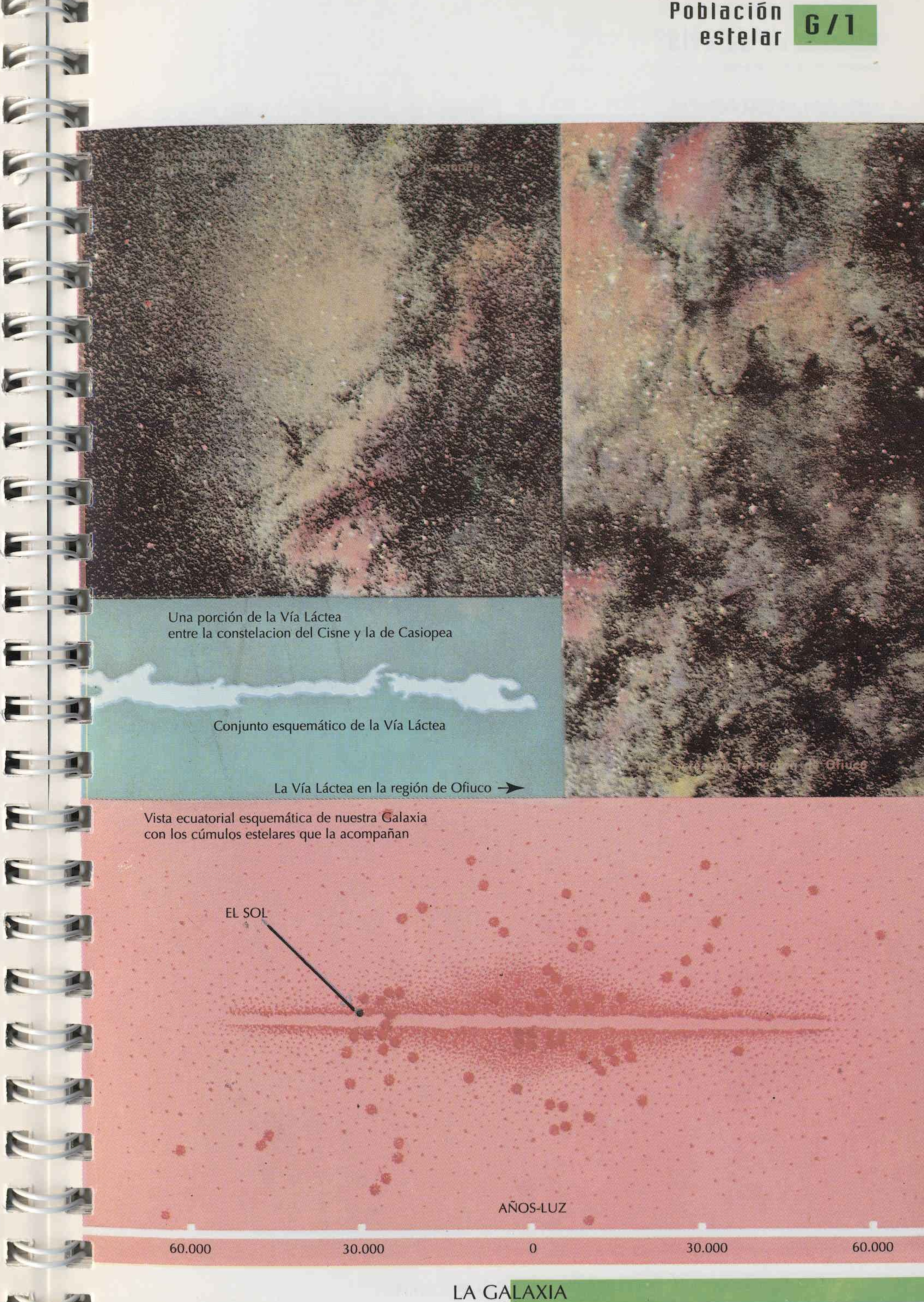
Al pretender fijar con exactitud la posición del Sol dentro de la Galaxia, se echa de ver que las estrellas más próximas al sistema solar forman como un grupo particular, conocido con el nombre de *nuestro sistema estelar local,* cuyo diámetro máximo sería de unos 10.000 años /luz y al que pertenecerían la mayoría de las estrellas catalogadas por los astrónomos. El sistema solar se hallaría a unos 30.000 años/luz de distancia del centro galáctico en dirección a las constelaciones del Sagitario y Ofiuco. La distancia del Sol al centro del "sistema estelar local" sería tan sólo de unos 200 años/luz.

Movimiento del Sol dentro de la Galaxia

Observando las estrellas más próximas al sistema estelar solar, se vio que unas parecían acercarse a nosotros a la velocidad de 20 kilómetros por segundo, mientras que las de la parte opuesta parecían huir a igual velocidad. Ello demuestra que es el Sol el que se desplaza a dicha velocidad entre unas y otras. Calculada minuciosamente la dirección por varios investigadores, se ha deducido, según los últimos cálculos, que todo el sistema solar, y por tanto también la Tierra, se mueve a la velocidad de 19,5 kilómetros por segundo hacia un punto situado en las proximidades de la estrella Vega de la Lira. Este punto ha recibido el nombre de *ápex,* y el diametralmente opuesto, el de *antiápex.*

Distribución de las estrellas galácticas

Se ha calculado que las dos terceras partes de la masa total de las estrellas se halla en el núcleo galáctico. La densidad que esto representa viene a ser unas siete veces superior a la densidad media de las estrellas en las proximidades del Sol, donde la cantidad de materia, comprendida la de las estrellas y gases interestelares, contenidas en un cubo cuyos lados midiesen 33 años/luz, equivale a un total de ochenta veces la masa solar.
En las proximidades del Sol, las estrellas de elevada temperatura se hallan concentradas en el plano galáctico, de suerte que su alejamiento máximo no pasa de 200 años/luz. En cambio, las estrellas más abundantes, cuales son las de tipo solar, se alejan bastante de dicho plano, de suerte que su distancia media se aproxima a los 1.000 años/luz. Ciertas estrellas especiales, como las de tipo RR de la Lira, cuyos componentes de velocidad resultan perpendiculares al plano galáctico, se encuentran a distancias del orden de los 10.000 años/luz.



Una porción de la Vía Láctea entre la constelacion del Cisne y la de Casiopea

Conjunto esquemático de la Vía Láctea

La Vía Láctea en la región de Ofiuco →

Vista ecuatorial esquemática de nuestra Galaxia con los cúmulos estelares que la acompañan

NEBUSOLAS GALÁCTICAS

En la Galaxia, además de estrellas, existe gran cantidad de materia dispuesta de diversa manera que, según los casos, recibe las denominaciones de cúmulos estelares, de nebulosas y de materia interestelar.

Cúmulos abiertos

Examinando con detención el cielo mediante el telescopio, es dado apreciar ciertas aglomeraciones de estrellas sin límites ni formas determinadas, cuyas componentes suelen hallarse bastante separadas entre sí y sin ofrecer concentración alguna en el centro, pero con movimiento propio de conjunto. Tales agrupaciones de estrellas han recibido el nombre de "cúmulos estelares abiertos" y también de "bandadas de estrellas".
Entre los cúmulos abiertos más espectaculares figuran las Pléyades, envueltas en nebulosidades brillantes, que constan de unas 150 estrellas; las Híadas, integradas por unas 400 estrellas; el llamado "Nido de abejas" y otros muchos que vienen siendo objeto de particular estudio en estos últimos años, por suponer que se disgregan rápidamente.

Cúmulos globulares

Todavía existen otras aglomeraciones de estrellas, en forma esférica, constituidas por muchos millares de estos astros, de las que se conocen un centenar, y en las cuales sucede que las estrellas se hallan en densidad creciente alrededor de un punto central, del mismo modo que un enjambre de abejas en torno de la reina. Son especialmente interesantes los cúmulos Messier 13 de la constelación de Hércules, con 100.000 estrellas, Messier 22 con 75.000 y Messier 3 con 40.000, etc.

Nubes cósmicas luminosas

Explorando por el telescopio diversas regiones del cielo, se perciben nebulosidades luminosas difusas que, en algunos casos, como en la Gran Nebulosa de Orión, ocupan enormes extensiones. Otras nebulosas brillantes y amorfas son: la Nebulosa Trífida M 20, en la constelación del Sagitario; la Nebulosa de Encaje, en la constelación del Cisne; la Nebulosa del Cangrejo M 1, en plena Vía Láctea, etc.

Nubes cósmicas oscuras

Además de las nubes cósmicas de que se acaba de hablar, existen otras masas apagadas, cuya visibilidad resulta del contraste, o sea de su proyección negra sobre el fondo brillante de estrellas. W. Herschel designó con el nombre de *vacíos interestelares* esas regiones oscuras que forman contraste con regiones ricas en estrellas. Más tarde, Barnard demostró que, en la mayoría de los casos, esos vacíos son tan sólo aparentes y que se deben a masas absorbentes ocuras que, a modo de pantalla, ocultan las estrellas más alejadas. Herschel encontró 52 de esas regiones, que después fueron especialmente estudiadas por el director del Observatorio del Vaticano, P. Juan Hagen, S. I.

Nebulosas planetarias

No acaban con lo hasta aquí expuesto las maravillas de nuestra Galaxia. La atenta observación telescópica del cielo nocturno nos ofrece una sorpresa, por demás interesante, y son unas formaciones nebulosas, a manera de discos luminosos, las más de las veces con núcleo central más brillante, que da la impresión de una estrella que se hubiese volatilizado. Se cree que se trata de estrellas que han expulsado una parte de sus envolventes externas, las cuales se expanden a velocidades del orden de los 10 a los 50 kilómetros por segundo. Según Minkowski y otros astrónomos, en el desarrollo de las nebulosas planetarias desempeñan un papel muy importante los campos magnéticos. Se conocen unas 130 nebulosas planetarias, distribuidas prreferentemente a lo largo de la Vía Láctea, sobre todo en la región de Sagitario. Según cálculos de Anderson, su distancia media a la Tierra es de unos 500 años/luz. Entre las nebulosas de este tipo especial destacan: la Nebulosa anular de la Lira, la nebulosa "Dumbell", cuyo diámetro es de 1,3 años/luz, y la nebulosa NGC 7293 del Acuario, que se extiende en un diámetro de 2,5 años/luz.

Materia interestelar

Finalmente, debemos consignar en la Vía Láctea la presencia de grandes extensiones de polvillo cósmico o de gases de variada naturaleza, conocidas con el nombre de materia interestelar. La distribución de dichos gases difusos no es regular. Estos gases interestelares son transparentes, pero a menudo están asociados con gránulos de polvo y éstos absorben las radiaciones luminosas de las estrellas situadas más allá, en mayor proporción las de color violeta que las rojas, dando así lugar a un enrojecimiento de las estrellas lejanas. En cuanto a la proporción del polvillo cósmico que entra en la composición de esta materia interestelar, se cree que no excede de 1 a 2 por 100 de la masa total.



Nebulosa fluorescente de Orión.

Nebulosas pulverulentas de las Pléyades.

Nebulosa Encaje, de la constelación del Cisne.

Cúmulo estelar M 13 de Hércules

Nebulosa del Cangrejo, en la constelación del Toro

Nebulosa planetaria N G C 6.720 de Lira

ESTUDIO CONJUNTO DE LA GALAXIA

El estudio conjunto de la Galaxia ha permitido revelar diversas particularidades de la misma en extremo interesantes, cuales son entre otras su movimiento, su masa y su emisión radioeléctrica.

Rotación de la Galaxia

Desde hace tiempo se supuso, por analogía con lo que se observa en todos los cuerpos celestes, que la Galaxia debería de estar animada de un movimiento de rotación sobre sí misma.
En efecto, Boss observó que todas las estrellas dotadas de gran velocidad parecían escaparse de la Galaxia, dirigiéndose hacia un mismo hemisferio. Más adelante, Stromberg, reuniendo todos los datos posibles, confirmó las observaciones de Boss, haciendo resaltar, además, que cuanto más dispersos aparecen los movimientos individuales de las estrellas, tanto mayor es el desplazamiento de su centro de origen.

Cuantía de esta rotación

La explicación satisfactoria de las citadas observaciones la dio Lindblad atribuyéndolas a la rotación del sistema galáctico, con una velocidad de unos 300 kilómetros por segundo, de cuyo movimiento participa también nuestro Sol, como estrella perteneciente a la Galaxia.
Las ideas de Lindblad fueron plenamente confirmadas por el astrónomo Oort, al encontrar que las estrellas más próximas al centro del sistema galáctico giraban más aprisa que las más remotas; como sucede también en el sistema solar, donde los planetas más cercanos al Sol giran más veloces que los más lejanos.
Las estadísticas obtenidas por el mismo Oort, y también por Botlinger y Nordström, confirmaron plenamente todas las previsiones, permitiendo sacar la conclusión de que todo el sistema galáctico gira en forma de torbellino alrededor de su eje menor; que la velocidad es diferente, según la distancia al centro de los astros que lo componen, y que para nuestro Sol, separado unos 32.000 años/luz de este centro, dicha velocidad alcanza unos 300 kilómetros por segundo con un período de rotación de 224 millones de años.

Masa del sistema galáctico

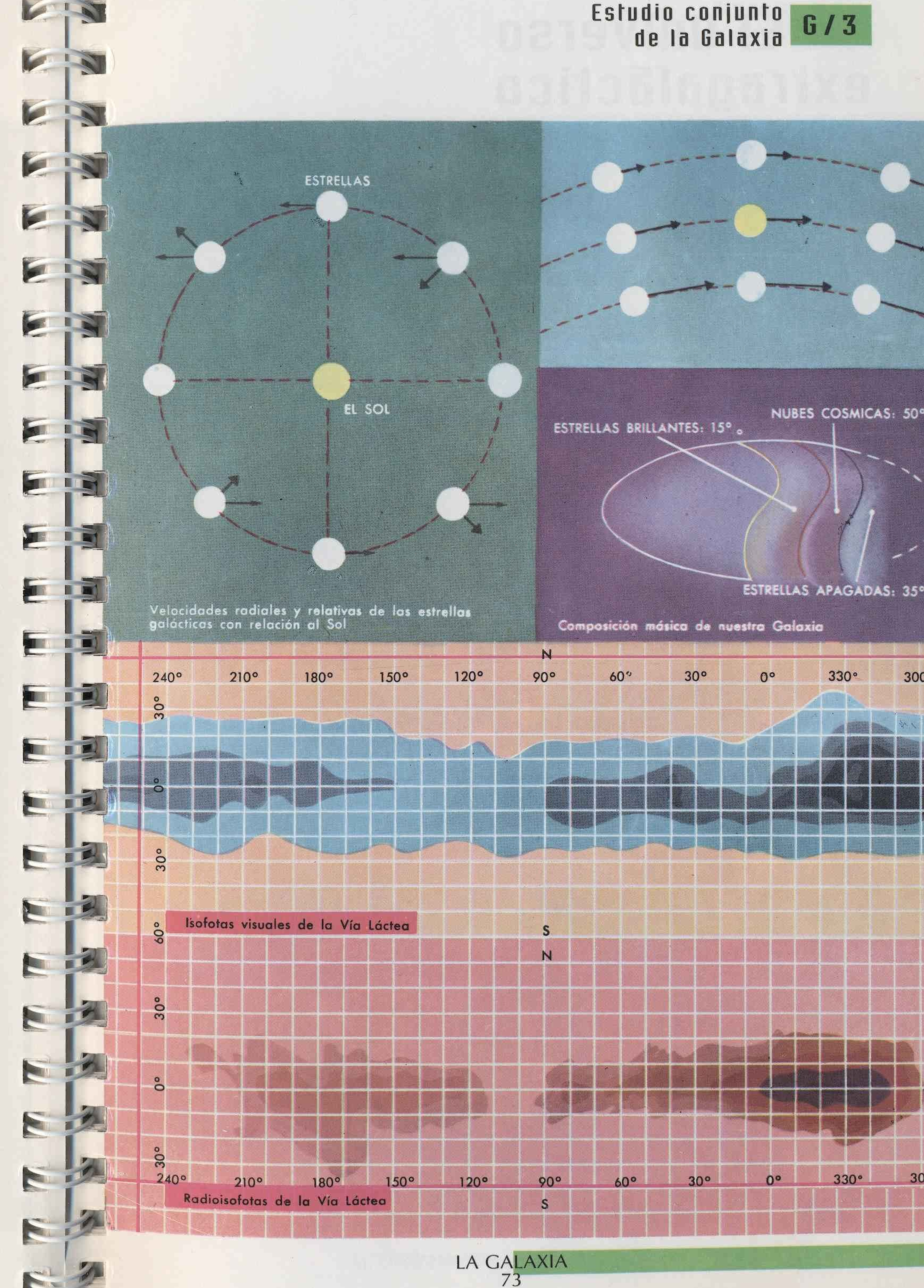
Conocidas las dimensiones del sistema galáctico y la velocidad de rotación, el cálculo permite deducir la masa total del mismo, no exento, sin embargo, de largos y complicados estudios, en los cuales se han distinguido astrónomos tan eminentes como Shapley, Schwarzschild, Eddington, Plaskett y los antes citados Lindbland, Oort y Stromberg. De estos cálculos resulta que la masa total de la Galaxia suma 200.000 millones de soles.
Esto no quiere decir que toda ella se halle en forma de soles o cuerpos esféricos, sino que aproximadamente la mitad de la misma debe pertenecer a las nubes cósmicas y a la materia difusa interestelar, mientras que la otra mitad (100.000 millones) estaría formada de estrellas. Como el número de estrellas brillantes de la Galaxia se calcula en unos 33.000 millones, resulta que la materia restante estará formada de estrellas apagadas (unos 66.000 millones).

La Galaxia por exploración radioeléctrica

Los datos aportados hasta ahora, en lo que antecede, han sido proporcionados por la astronomía óptica. Pero es el caso que en estos últimos años ha entrado en escena, en el campo de la Astronomía, el radiotelescopio, que capta las ondas hertzianas emitidas por los astros. Esto ha permitido realizar nuevos descubrimientos, como vamos a ver.
La exploración radioeléctrica de la Galaxia se inició el año 1932 con el descubrimiento llevado a cabo por Jansky al darse cuenta, por un radiorreceptor, de un ruido procedente de la Vía Láctea a la longitud de onda de poco más de un metro. A los 8 años de este descubrimiento, Reber pudo ya trazar un mapa de la Vía Láctea a base de curvas de igual intensidad radioeléctrica, designados con el nombre de "radioisofotas". El análisis de este mapa permitió darse cuenta de que el ruido se halla concentrado en el plano galáctico, con un máximo muy acentuado en dirección a la constelación del Sagitario, donde, como se dijo anteriormente, se encuentra el núcleo central del sistema galáctico, para luego disminuir rápidamente en dirección a ambos polos.

Descubrimiento de radioestrellas

Al principio se creyó que los radiosonidos procedían de la materia interestelar; pero a no tardar se comprobó que las estrellas y el mismo Sol producían emisión radioeléctrica especialmente intesa. Ante este descubrimiento se tuvo la impresión de que el ruido captado de la Galaxia se debía a las radiaciones radioeléctricas procedentes de centenares de miles de estrellas que componen nuestro sistema galáctico. Finalmente, se llegó a descubrir las llamadas radioestrellas o radiofuentes, que no serían otra cosa que las supernovas y las nebulosidades filiformes de ellas derivadas, capaces de producir, durante 100.000 años, una radioemisión sumamente intensa.



Velocidades radiales y relativas de las estrellas galácticas con relación al Sol

Composición másica de nuestra Galaxia

Isofotas visuales de la Vía Láctea

Radioisofotas de la Vía Láctea

El Universo extragaláctico

TIPOS DE GALAXIAS

A principios del siglo XIX, William Herschel, gracias a los enormes telescopios por él construidos, descubrió unas agrupaciones de estrellas o galaxias fuera de nuestra Galaxia; años más tarde (1850), Alexander von Humboldt las designó *universos-islas,* y posteriormente las llamó *nebulosas en espiral* por considerarlas formadas de gases luminosos, como las nebulosas amorfas de la Vía Láctea. Pero la verdadera naturaleza de estas galaxias no fue reconocida hasta el año 1925.

Las Nubes de Magallanes

Españoles y portugueses de la expedición de Magallanes que dio la vuelta a la Tierra, mientras navegaban por los mares del Sur, advirtieron en las constelaciones del Dorado y del Tucán dos aglomeraciones siderales parecidas a nubes que, al dar noticia de ellas en Europa, fueron designadas luego en las cartas celestes con el nombre de "Nubes de Magallanes".
Durante mucho tiempo se creyó que estas nebulosas formaban parte de nuestra Galaxia; pero recientemente, después de tener en cuenta varias rectificaciones de apreciación y gracias a los estudios de Vaucouleurs en Australia, se ha encontrado que su distancia a la Tierra es de unos 163.000 años/luz y que se trata de galaxias independientes de tipo irregular, que no forman parte integrante de nuestra Galaxia.

Clasificación de las Galaxias

Observando una fotografía donde aparecen muchas nebulosas extragalácticas, inmediatamente se echa de ver que se ofrecen bajo muy diferentes formas: unas se presentan bajo forma globular, otras alargadas y bajo distintas inclinaciones, otras, finalmente, a manera de discos. Esto ha dado pie a que Hubble, fundándose en el diverso aspecto de las nebulosas extragalácticas, que indudablemente está ligado con su grado de evolución, las clasificase en tres grandes categorías, a saber: I. *Galaxias globulares* o *elípticas,* que carecen de estructura propia y están formadas simplemente de una luminosidad degradada desde el centro hasta los bordes. – II. *Galaxias espirales,* que representan al menos el 65 por 100 de todas las catalogadas como extragalácticas. – III. *Galaxias irregulares,* que son algo escasas, pues sólo representan el 10 por 100, y se caracterizan por su falta de núcleo y simetría, cual sistemas desquiciados.

Galaxias globulares o elípticas

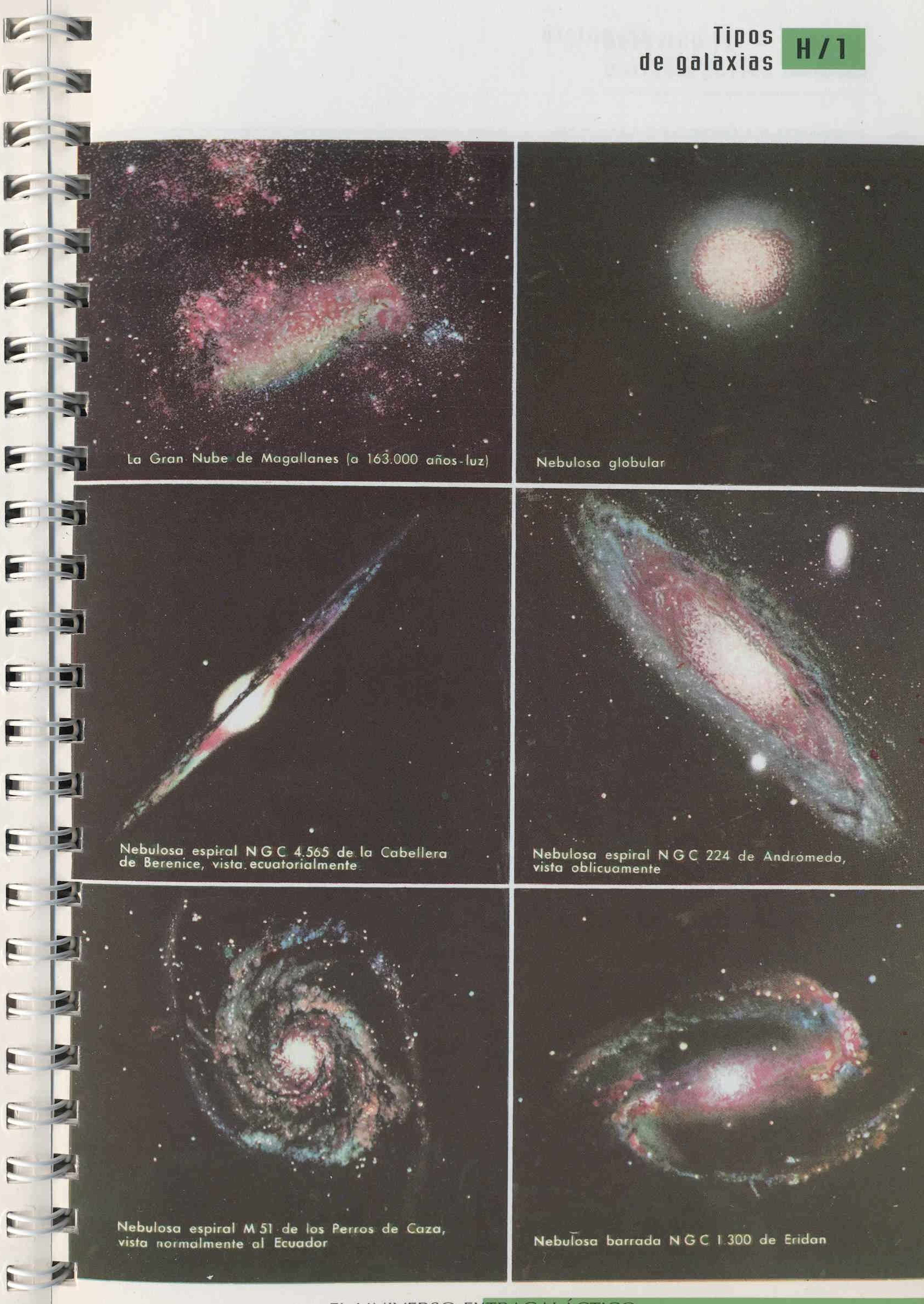
Las galaxias de este grupo presentan forma esferoidal o lenticular más o menos alargada. Este su aplastamiento aparente depende del aplastamiento real, combinado con la orientación del observador. Su población estelar parece análoga, si no idéntica, a la de los cúmulos globulares de nuestra Galaxia. Sin embargo, en la inmensa mayoría de estas galaxias no han podido identificarse las estrellas individuales, por ser enanas y de brillo apenas superior al del Sol. Con todo, se espera que, con el gran telescopio de Monte Palomar, cuyo alcance llega a 24.ª magnitud, se llegará algún día a resolver este enigma. Lo que sí se ha comprobado es que las galaxias elipsoidales son transparentes, es decir, que no contienen regiones opacas. El astrónomo Baade asegura que no conoce ejemplo alguno de galaxia elipsoidal con nebulosidades.

Galaxias en espiral

Estas galaxias vienen representadas por dos grupos: 1.° *Espirales normales,* en las que se distinguen dos brazos principales que toman su origen en otros tantos puntos diametralmente opuestos sobre los bordes del núcleo central. 2.° *Espirales barradas,* llamadas así porque las espiras parecen formarse en los extremos de una barra más o menos larga, que emerge radialmente del núcleo en dos puntos diametralmente opuestos. En las ramas o espiras de estos dos grupos de galaxias existen estrellas gigantes y supergigantes azuladas, junto con diversas nebulosas de gases que les son asociadas.
Al grupo de las galaxias espirales pertenece nuestra propia Galaxia o Vía Láctea, así como la gran Nebulosa de Andrómeda (única visible a simple vista), la M 33 de la Constelación del Triángulo y la de los Perros de Caza.

Galaxias irregulares

Estas galaxias ofrecen la particularidad de que, cuando el plano de las mismas forma un pequeño ángulo con la dirección del rayo visual, presentan casi siempre figuras asimétricas en la dirección del eje mayor, como bandas oscuras más desarrolladas a un lado que a otro, lo cual se atribuye a la absorción luminosa provocada por la presencia de materia opaca. Algunas de estas galaxias parecen revelar colisiones entre nebulosas espirales, como las ha habido a veces con las estrellas. Pero, de ser así, la catástrofe debe haber revestido proporciones realmente fantásticas. Pertenecen a este grupo, como queda dicho, las dos Nubes de Magallanes.



La Gran Nube de Magallanes (a 163.000 años-luz)

Nebulosa globular

Nebulosa espiral N G C 4.565 de la Cabellera de Berenice, vista ecuatorialmente

Nebulosa espiral N G C 224 de Andrómeda, vista oblicuamente

Nebulosa espiral M 51 de los Perros de Caza, vista normalmente al Ecuador

Nebulosa barrada N G C 1 300 de Eridan

DISTANCIA Y NÚMERO DE GALAXIAS

Determinación de las distancias

Desde un principio se previó que las galaxias se hallaban a enormes distancias y que para determinarlas no podía utilizarse el método de la triangulación, que requiere poder disponer de una base de una longitud del mismo orden que la distancia que se trata de medir. En su lugar, se utilizó el método de las variables Cefeidas, cuyo período está en relación con su magnitud absoluta en el sentido de que, a mayor magnitud absoluta, mayor duración de sus oscilaciones. Este método se empleó hasta la mitad del siglo XX. Pero en 1952 se descubrió que las Cefeidas eran cuatro veces más brillantes de lo que se había pensado y, por lo tanto, que las distancias de las galaxias calculadas por dicho método tenían que ser multiplicadas por 2.
En vista de esto, se ha arbitrado otro método para calcular las distancias galácticas y es por las novas y supernovas, cuya luminosidad en las primeras llega a superar 50.000 veces la luminosidad del Sol, y en las segundas, unos 100 millones de veces. Estas circunstancias permiten determinar la luminosidad intrínseca de dichas estrellas y, por medio de una fórmula sencilla, comparándola con la luminosidad visual o fotográfica, se puede calcular su distancia.

Distancias máximas alcanzadas

Dará idea de las distancias a que se encuentran las galaxias el hecho de que las dos más próximas a nosotros, después de las dos de Magallanes, cuales son la de Andrómeda y la del Triángulo, se hallan a 1.500.000 y a 1.700.000 años/luz, respectivamente. Con el telescopio de Monte Wilson se ha llegado a sacar fotografías de galaxias distantes 900 millones de años/luz; pero con el de Monte Palomar, de 5 metros de diámetro, parece haberse alcanzado ya una distancia de 2.000 millones.

Número de galaxias

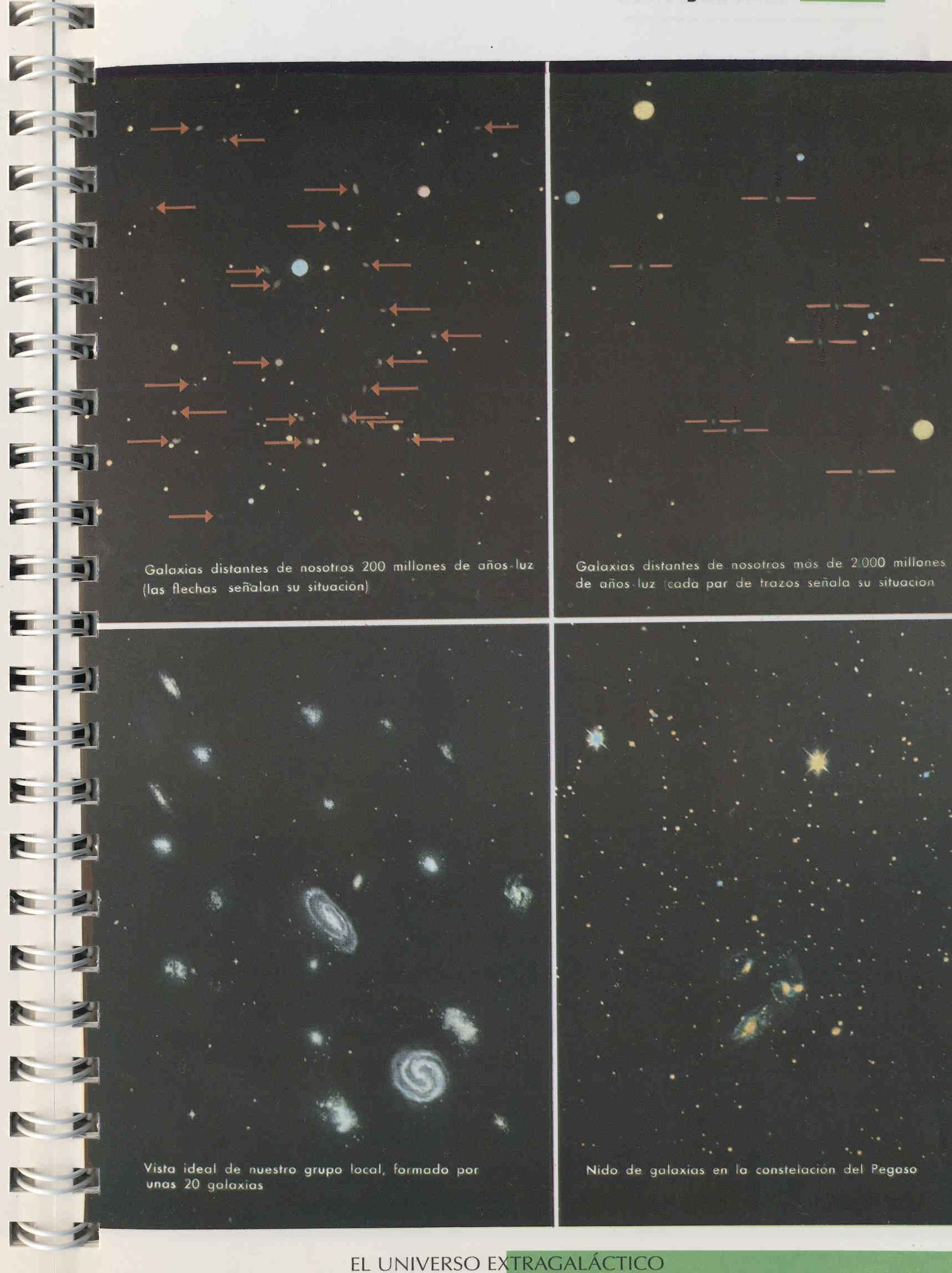
Que sea muy elevado el número de las galaxias lo revela el simple hecho de que en el catálogo confeccionado por el observatorio de Harvard, figuran unas 500.000 hasta la distancia de 100 millones años/luz. Ahora bien, todo indica que, hasta la profundidad de 500 millones de años/luz, el número aumenta progresivamente de acuerdo con la distancia, en una relación teórica equivalente a 3,98 por magnitud. Esto parece indicar que el espacio intergaláctico está libre de toda absorción sensible que pueda razonablemente atribuirse al polvillo cósmico.
Con el telescopio de Monte Wilson se han fotografiado cerca de un millón de galaxias, y con el de Monte Palomar se están fotografiando continuamente nuevos enjambres de ellas, comprendidas entre las magnitudes 18.ª y la 21.ª. Se espera que, si la proporción sigue aumentando, según la misma relación que acabamos de indicar, se llegarán a registrar más de 100 millones de esos universos estelares.

Cúmulo galáctico local

Al parecer, las galaxias no están distribuidas al azar, sino que forman conglomerados o familias de galaxias entre sí, que se ha dado en llamar "cúmulos de galaxias". Así se ha determinado la existencia de un grupo de una veintena de galaxias, designado como "grupo local de galaxias", que nos afecta particularmente, puesto que de él formamos parte nosotros. Constituye un sistema elipsoidal, cuyo eje mayor parece tener unos 4 millones de años/luz y un espesor de 400 a 600 mil años/luz y cuyo centro se calcula que debe hallarse en la dirección de la gran Nebulosa de Andrómeda. Dentro de este grupo, se ha comprobado la existencia de galaxias relacionadas físicamente entre sí. Tal sucede entre nuestra Galaxia, las Nubes de Magallanes y la Nebulosa de Andrómeda o M 31 de tipo también espiral como nuestra galaxia y otras dos galaxias elipsoidales M 32 y NGC 205.

Nidos de nebulosas

La fotografía ha revelado la existencia de apiñamientos de nebulosas en un espacio aparente tan reducido que ha hecho se llamase "nido de nebulosas". Esta denominación hizo fortuna y al poco tiempo fueron encontrándose nidos y más nidos de nebulosas en las constelaciones del Boyero, Cáncer, Corona Boreal, Erídano, Gemelos, Hidra, Osa Mayor, Peces, Pegaso, Perseo y Libra.
Entre los nidos más densos encontrados figuran: uno en la Corona Boreal, con 600 nebulosas en un círculo de 30 minutos de diámetro,o sea como el disco solar, y otro en la Hidra, con 200 nebulosas en un círculo de sólo 5 minutos de diámetro. Las investigaciones al respecto dan a entender que existe un nido de nebulosas por cada 50 grados cuadrados, y téngase presente que la esfera celeste abarca en su conjunto 41.260 grados cuadrados.



Galaxias distantes de nosotros 200 millones de años-luz (las flechas señalan su situación)

Galaxias distantes de nosotros más de 2.000 millones de años-luz (cada par de trazos señala su situación)

Vista ideal de nuestro grupo local, formado por unas 20 galaxias

Nido de galaxias en la constelación del Pegaso

PARTICULARIDADES DE LAS GALAXIAS

Muchas son las particularidades que se ofrecen al tratar de las galaxias, entre las que cabe destacar sus dimensiones, su rotación, su distribución y su evolución.

Dimensiones de las galaxias

Una vez conocida la distancia de las galaxias y su diámetro aparente, se deduce su diámetro real. Así, por ejemplo, la Nebulosa de Andrómeda, que se ofrece bajo un diámetro aparente de unos 4° y dista de la Tierra 1.500.000 años/luz, resulta que tiene un diámetro real de unos 120.000 años/luz, o sea algo mayor que el de nuestra Galaxia, contra lo que antes se creía. Esto se debe a haberse comprobado que su distancia a nosotros es doble de la primeramente calculada.

Con todo, la mayoría de las galaxias no son tan grandes como la anterior: Shapley, de un estudio sobre 2.650 galaxias, sacó la conclusión de que sus diámetros medios se hallan comprendidos entre 10.000 y 14.000 años/luz. En cambio, la masa de las galaxias parece, en general, ser semejante a la que posee nuestro sistema galáctico y hasta en algunas quizá mayor, como en varias de la constelación de la Virgen que, según Schmidt, equivale a más de 200.000 millones de soles.

Rotación de las galaxias

Entre los problemas que tuvieron bastante tiempo ocupados a los astrónomos figuró el de saber si las galaxias están animadas de un movimiento de rotación alrededor de su núcleo central, como sucede en nuestra Galaxia. Como es natural, este estudio se centró al principio en la galaxia espiral más próxima y mejor conocida, la de Andrómeda. En 1950, Mayall se fijó en las velocidades radiales de 32 objetos pertenecientes a dicha galaxia, deduciéndolas del corrimiento o desviación hacia el rojo de las rayas de sus espectros; y encontró que efectivamente giraba. Más aún, llegó a comprobar que la velocidad de rotación crece desde el núcleo central hacia la periferia, pasa por un máximo y luego decrece, o sea que el resultado coincide con el comprobado en nuestra Galaxia.

Estudios parecidos llevados a cabo con otras galaxias espirales por el astrónomo Slipher pusieron de manifiesto la existencia de rotaciones semejantes y velocidades comprendidas entre 100 y 330 kilómetros por segundo. Más aún, Van Maanen llegó a deducir para dichos movimientos de rotación períodos que varían entre 45.000 y 160.000 millones de años; que el movimiento interno en dichas galaxias se realiza en el mismo sentido con respecto a ambas ramas de la espiral, y que el sentido del movimiento es tal que las espiras presentan su lado cóncavo hacia delante. Por todo ello cabe afirmar que las galaxias, tal como lo da a entender su forma intensamente aplanada, están animadas de un movimiento interno de rotación.

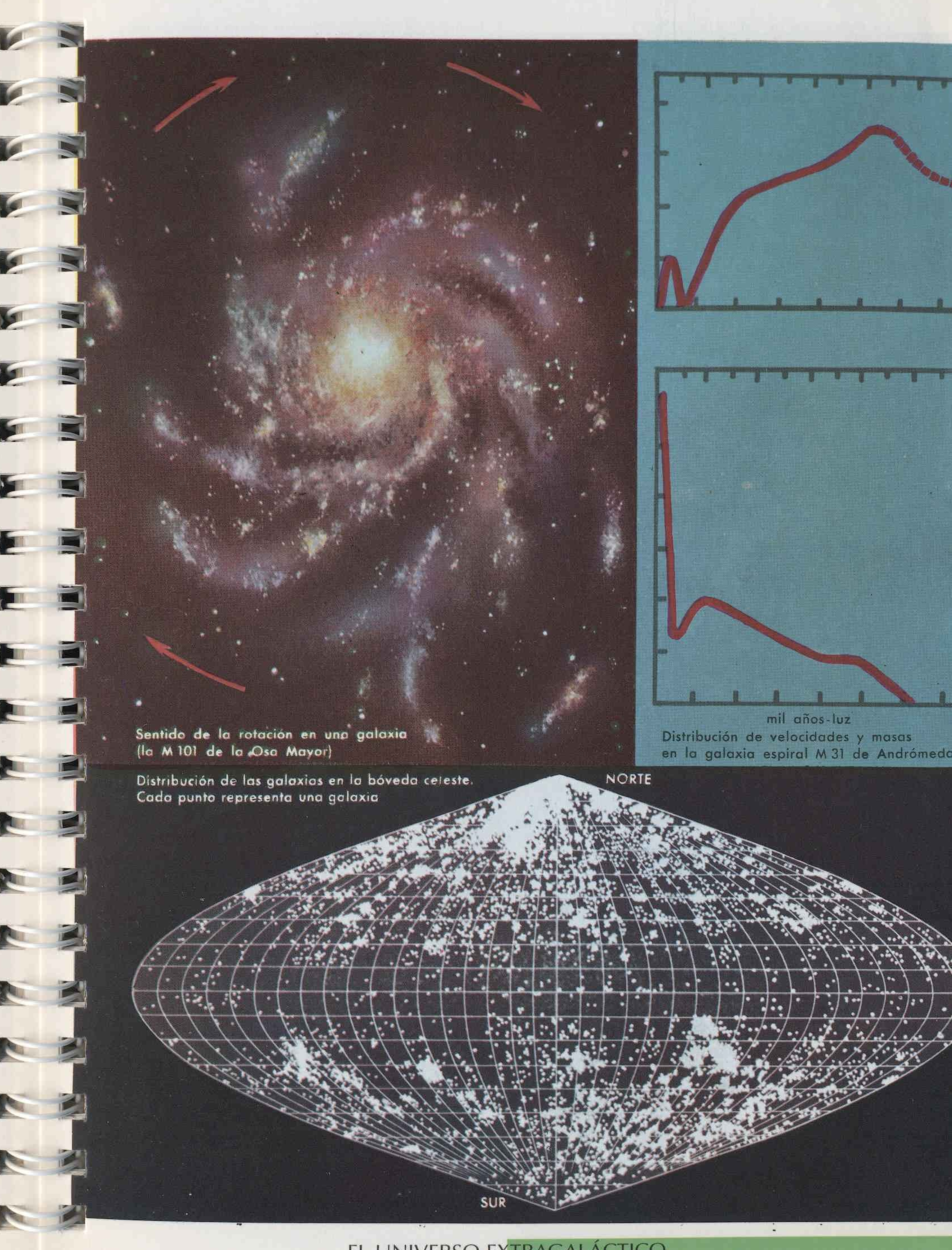
Distribución de las galaxias

La distribución de las galaxias en el espacio parece irregular, por cuanto su número aumenta considerablemente hacia los polos de la Galaxia, siendo casi nulo en las proximidades del plano galáctico; también el hemisferio norte de la Galaxia presenta muchas más que el hemisferio sur. Esta aparente anomalía se explica por la posición de nuestro cúmulo local en la Galaxia, al cual, como sabemos, se halla en la parte norte del plano galáctico. Por otra parte, la absorción producida por la materia cósmica existente en dicho plano da lugar a la diferencia indicada entre el número de nebulosas observadas en ambos hemisferios.

Con respecto a la distribución de las galaxias en longitud, al principio se creyó que tampoco había una distribución uniforme. Incluso Reynolds llegó a afirmar que podía trazarse un plano perpendicular a la Galaxia orientado de suerte que a un lado de él quedase la mayor parte de los cúmulos estelares, y en el otro, la mayor parte de las galaxias. Sin embargo, las más recientes investigaciones de Hubble han demostrado que dicha distribución en longitud es poco menos que uniforme, como también lo sería en latitud en el caso de no existir la Galaxia.

Espacio intergaláctico

Hasta hace poco, el espacio intergaláctico se consideraba enteramente vacío. Pero ahora se ha descubierto, además de nubes cósmicas, la existencia de estrellas aisladas de gran luminosidad, que en algunos casos forman agrupaciones de 10, de 100 y hasta de 1.000 estrellas. Más aún, se han observado asimismo cúmulos globulares, que, dada su gran lejanía de nuestra Galaxia, no pueden considerarse formando parte de nuestro sistema. Este descubrimiento ha complicado el censo que en nuestros días se está realizando de las galaxias, por no verse claro cómo deben considerarse dichas agrupaciones y los cúmulos estelares. No ha faltado quien lanzara la idea de considerar unos y otros como galaxias infraenanas. Pero todavía no se ha dicho sobre el particular la última palabra.



Sentido de la rotación en una galaxia (la M 101 de la Osa Mayor)

Distribución de velocidades y masas en la galaxia espiral M 31 de Andrómeda

Distribución de las galaxias en la bóveda celeste. Cada punto representa una galaxia

LA EXPANSIÓN DEL UNIVERSO

No cabe duda de que todo en el Universo está sujeto a una ley inexorable: la ley de la evolución. Nada hay que permanezca estacionario: evolucionan las estrellas, según vimos; evolucionan las galaxias, y evoluciona también el conjunto de las galaxias en la forma original con que lo presenta la teoría de la expansión.

Evolución de las galaxias

Según vimos, Hubble clasificó las galaxias en esféricas, elípticas y en espiral; posteriormente, Shapley estableció una clasificación parecida a la de Hubble, pero terminándola con las galaxias amorfas o irregulares. Según el primero de los autores citados, las galaxias primitivas serían las esféricas, y las decadentes, las espirales. En cambio, Shapley opina que, de existir un desarrollo de las galaxias en el sentido de una evolución a lo largo de la serie indicada, tendría que ser más bien desde la espiral abierta a la espiral de brazos muy cerrados y, finalmente, a la elipsoidal y esférica. Como se ve, no existe uniformidad de pareceres sobre el sentido de la evolución de las galaxias.

Fundamentos de la expansión

El examen espectroscópico de las galaxias, efectuado por Slipher en 1922, reveló dos hechos que llamaron extraordinariamente la atención: 1.°, la gran velocidad radial de las nebulosas; 2.°, el que todas ellas se apartan de nosotros. Las investigaciones corroboraron plenamente las primeras deducciones.
Otro descubrimiento verificado al mismo tiempo por Hubble y perfilado posteriormente aumentó el interés por las galaxias, y fue la ley de la proporcionalidad entre la velocidad de alejamiento de las galaxias y su distancia a la Tierra. Esta ley dice que, por cada millón de años/luz de aumento de distancia de las galaxias, su velocidad de alejamiento crece 55 kilómetros por segundo. Esto significa que a 1 millón de años/luz de distancia las galaxias se alejan a razón de 55 km/s; a 10 millones de años/luz, a razón de 550 km/s; a 100 millones de años/luz, a razón de 5.500 km/s.

Explicación del abate Lemaître

El abate belga Lemaître explicó estos hechos con su célebre teoría de la expansión del universo. Esta fuga no significa que nuestra galaxia esté dotada de virtud repulsiva; lo que sucede es que todas las galaxias se apartan mutuamente unas de otras. Es como si en un salón de conferencias se duplicasen las dimensiones lineales del local, pero guardando los oyentes las mismas distancias relativas. Cada uno advertirá que los demás se han apartado de él, tanto más cuanto más alejados se encontraban al principio. Por esto, el Universo en expansión se ha comparado a una burbuja de jabón en crecimiento; las moléculas de aire encerradas en la película jabonosa, que en este caso representarían las nebulosas espirales, se separan unas de otras, de manera parecida a como hemos explicado se separan las galaxias.
Hasta el momento actual se conocen las velocidades radiales de unas 800 galaxias, las cuales dan valores de fuga comprendidos entre 0 y 61.000 km/s. Semejantes movimientos de recesión afectan a las galaxias, sea cual fuere su forma y su tamaño: espirales, elipsoidales, esféricas e irregulares, y en todas direcciones, tanto en el hemisferio Norte galáctico, como en el hemisferio Sur.

Origen del Universo

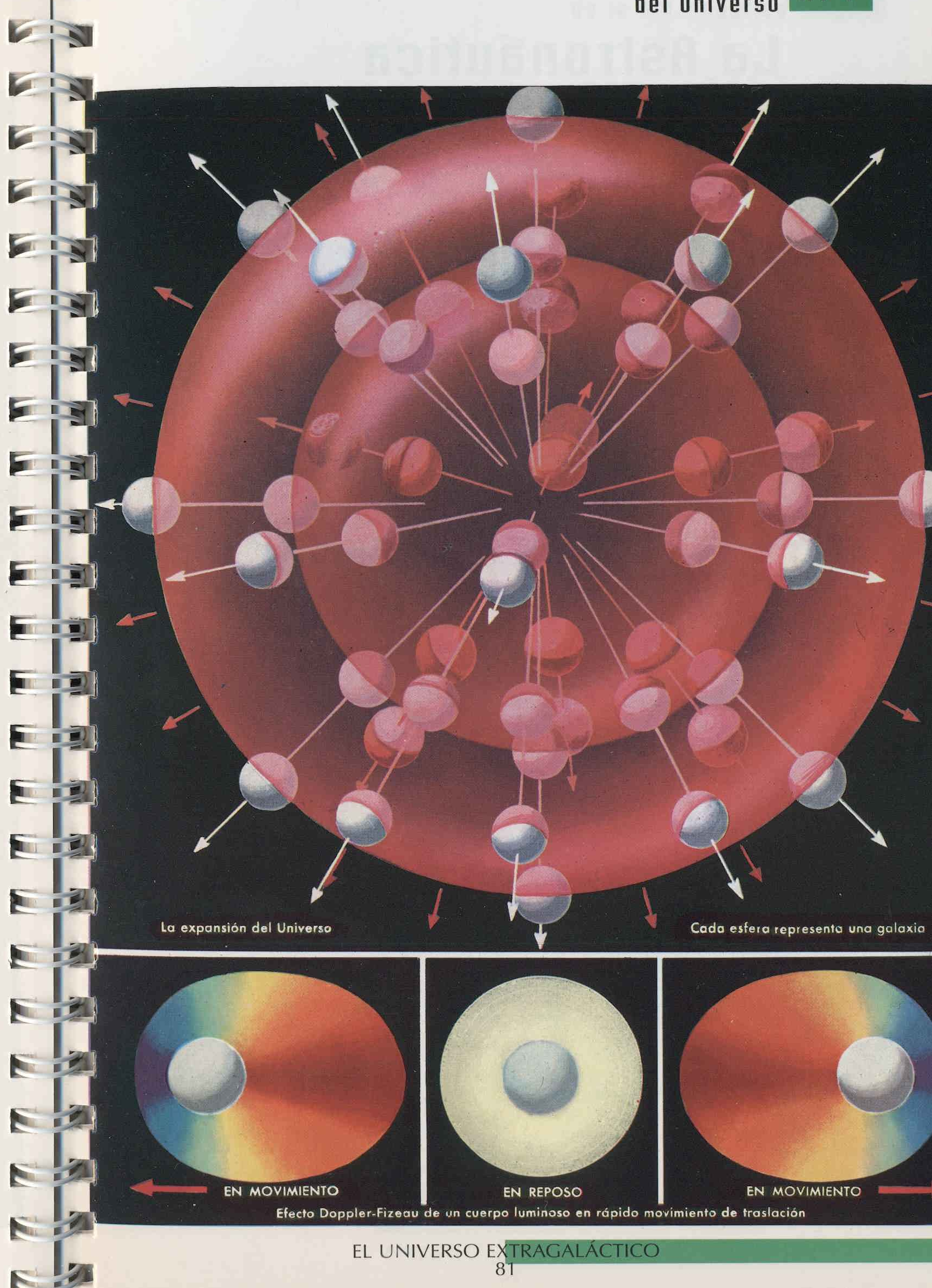
El abate Lemaître, fundado en su teoría de la expansión del Universo, supone que éste partió de un "átomo primordial" en la hora cero de la Creación y que, dilatándose sin cesar, pasó por la fase de equilibrio inestable y que ahora prosigue su expansión en sentido de desvanecerse.

Edad del Universo

Al principio se daba como probable que habría ocurrido hace tres o cuatro mil millones de años. Pero esa edad estaba en desacuerdo con la asignada a la Tierra por los geólogos. Actualmente, sobre la base de la fuga de las galaxias a razón de 55 km/s y por millón de años/luz de distancia, se ha calculado que hace 6.000 millones de años las galaxias se encontraban prácticamente en contacto unas con otras, formando ese átomo primordial de Lemaître, del cual habría surgido el Universo actual por un proceso explosivo.

Crítica de la expansión

No se crea, sin embargo, que sean baladíes los reparos formulados contra la hipótesis de la expansión, la más seria de las cuales ataca a su propio fundamento, es, a saber, si el corrimiento de las rayas espectrales hacia el rojo se debe precisamente a la fuga de las galaxias o más bien a otras causas, por ejemplo a un efecto de freno debido a la acción de los campos gravitatorios que la luz atraviesa en su camino.



La expansión del Universo
Cada esfera representa una galaxia
Efecto Doppler-Fizeau de un cuerpo luminoso en rápido movimiento de traslación

La Astronáutica

HISTORIA DE LA ASTRONÁUTICA

En estos últimos años, la Astronomía se ha enriquecido con dos nuevos capítulos: la Radioastronomía y la Astronáutica.

Objetivos astronáuticos

No pueden ser más ambiciosos: la conquista del espacio extraterrestre, así para explorarlo como para aprovecharse de los tesoros que encierra, algo así como hicieron los conquistadores españoles y protugueses en los albores de la Edad Moderna en el Nuevo Mundo y en el Extremo Oriente. Estos objetivos, al decir de los astronáuticos, comprenden cuatro grados, escalonados de la siguiente manera: *Primer grado:* la Luna y determinados asteroides; *Segundo grado:* Marte y Venus; *Tercer grado:* Mercurio, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno, Plutón y sus satélites; *Cuarto grado:* cuerpos celestes situados más allá del sistema solar.

Viabilidad de la Astronáutica

Lo que en otro tiempo podía parecer una utopía, hoy ya no lo parece tanto; más aún, débese convenir que se trata de algo con muchas probabilidades de ser alcanzado, si no en todos, en varios de sus objetivos. No se trata ya de una mera fantasía, como la que sugirió a Julio Verne su famoso viaje a la Luna. Para estas realizaciones, además del espíritu aventurero del ser humano que, como sabemos, es inagotable, hoy se cuenta con dos importantísimos factores de extraordinaria valía: una técnica llevada a un altísimo grado de perfeccionamiento y una fabulosa energía, cual es la atómica, otrora desconocida.

El hecho es que, en estos momentos históricos en que vivimos, va invadiendo muchas conciencias la idea de la inminencia de la realización de esos viajes interplanetarios, sobre todo ante los éxitos obtenidos en los entrenamientos más allá de nuestra atmósfera.

Precursores de la Astronáutica

Este afán de salir de la Tierra no es cosa de hoy. Ya en la mitología griega se nos ofrece representado por la leyenda de Dédalo, que fabricó unas alas de pluma y con ellas voló. Los viajes que los novelistas han imaginado a la Luna y a Marte no son ciertamente de nuestros días. Díganlo, si no, Cyrano de Bergerac (1650) con su curioso viaje a la Luna, el antes nombrado Julio Verne y, sobre todo, H. G. Wells en su obra *Los primeros hombres de la Luna,* imaginando su mágico producto, la *cavorita,* que neutralizaba la fuerza de la gravedad y que, por lo tanto, permitía a quienes se envolvían en ella o se encerraban en una esfera pintada exteriormente con cavorita salir del campo de gravitación de la Tierra. Hasta aquí todo esto no pasaba más allá de meras fantasías.

Los albores de la ciencia astronáutica

Muchos son los autores que, por haber revestido la Astronáutica con ropaje científico, merecen que se les llame precursores de dicha ciencia. Uno de los primeros fue el norteamericano Robert Goddard, quien en 1919 publicó el libro titulado: *Un método para alcanzar las altitudes extremas,* en el que defiende la posibilidad de enviar a la Luna un proyectil de pólvora de magnesio.

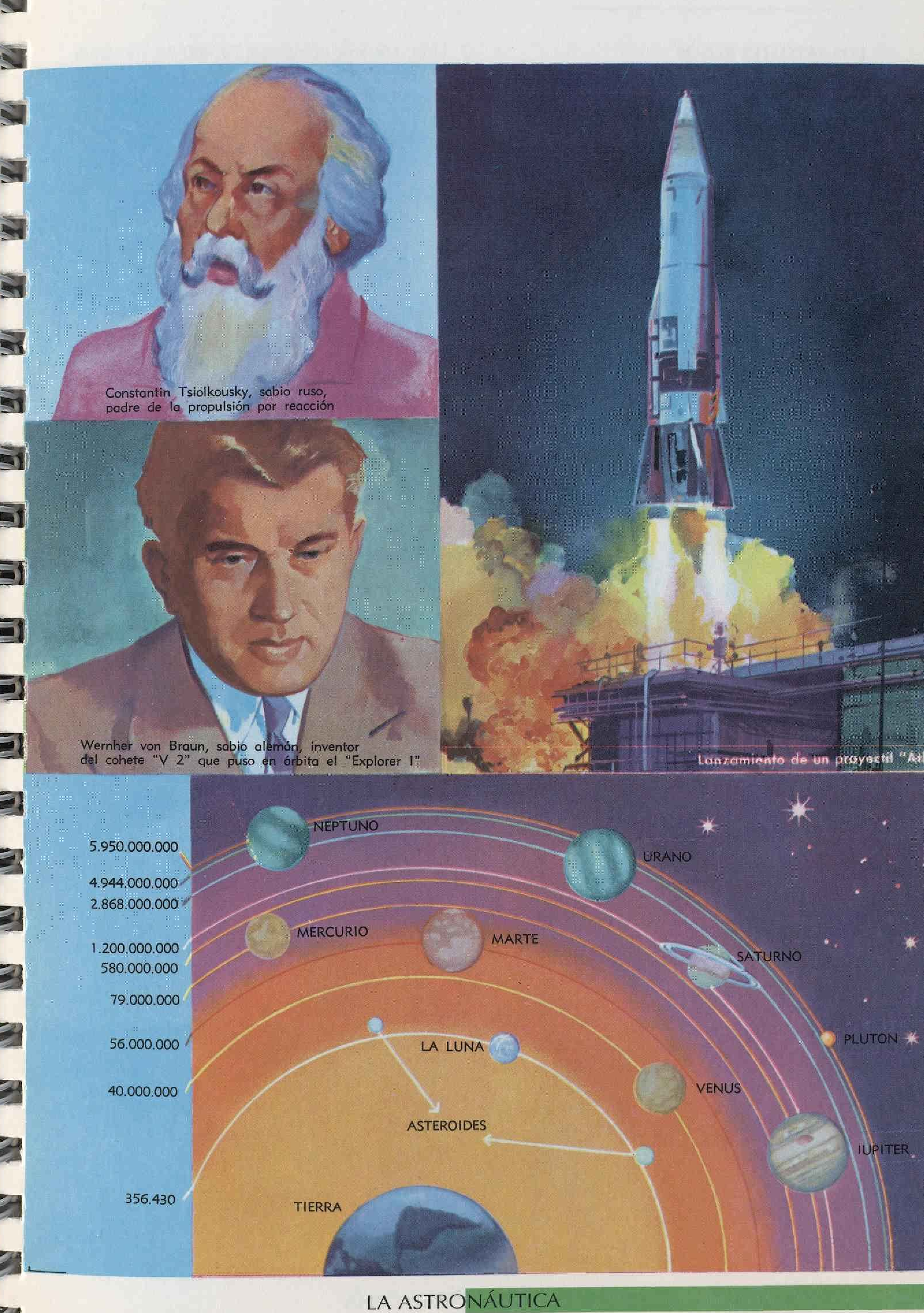
Otro de los precursores fue el ruso Tsiolkovski con su libro *La exploración del Universo por medio de los aparatos de reacción.* En la Rusia soviética se creó tal atmósfera en favor de la Astronáutica, que ya en 1927 se fundó en Moscú una sociedad de Astronáutica, cuyo título traducido del ruso era "Sociedad de Viajeros del Universo", la cual se propuso reunir en su seno a todas las personas interesadas en la realización de cruceros siderales.

En Francia se distinguió Robert Esnault-Pelterie con su conferencia pronunciada en la Sorbona de París en 1927, titulada: "La exploración de la alta atmósfera por cohetes y la posibilidad de los viajes interplanetarios". El año siguiente se constituía en Francia la "Comisión de Astronáutica" para estudiar los trabajos presentados a concurso para aspirar al premio internacional de Astronáutica "Rep. Hirsch".

Pero en donde floreció más el interés por la Astronáutica fue en los países de lengua alemana, siendo los más insignes representantes de este movimiento Oberth, Hoefft, Hohmann, Max Valier, Lorenz, Vlinsky y Von Braun.

Realizaciones astronáuticas preparatorias

Principalmente, los dos países –y por cierto no sin rivalidad– que han lanzado fuera de la Tierra artefactos, llamados espaciales, son la extinta U.R.S.S. y los Estados Unidos. A partir del lanzamiento del satélite Sputnik I en 1957, estos artefactos están dando vueltas a la Tierra (satélites artificiales) o al Sol (planetas artificiales).



Constantin Tsiolkousky, sabio ruso, padre de la propulsión por reacción

Wernher von Braun, sabio alemán, inventor del cohete "V 2" que puso en órbita el "Explorer I"

Lanzamiento de un proyectil "At

LOS SATÉLITES RUSOS

El 29 de julio de 1955, el presidente de los Estados Unidos Eisenhower anunció, para el "Año Geofísico Internacional 1957-1958", que su país lanzaría al espacio un satélite artificial. Transcurridos más de dos años y en pleno Año Geofísico Internacional, Eisenhower volvió a hablar de satélites artificiales, no para anunciar que los Estados Unidos habían ya lanzado alguno, sino para todo lo contrario, para decir que los rusos habían efectuado dos lanzamientos, y ellos ninguno.

El primer «Sputnik»

En la noche del 4 al 5 de octubre de 1957, Radio Moscú divulgó el siguiente mensaje: "El primer satélite artificial del mundo ha sido lanzado satisfactoriamente en la Unión Soviética el día 4 de octubre. En estos momentos se encuentra rodeando la Tierra a lo largo de su trayectoria elíptica a una altura aproximadamente de 900 kilómetros. El satélite tiene forma esférica, su diámetro es de 58 centímetros, pesa 83,6 kilos y lleva acoplado en su interior un transmisor de radio. El lanzamiento del satélite forma parte del programa del Año Geofísico Internacional. El cohete que transportó el satélite hasta la estratosfera le imprimió la velocidad sobre la órbita de unos 8.000 metros por segundo".
El mensaje terminó con las siguientes solemnes palabras: "El lanzamiento del satélite artificial es, no solamente un tremendo acontecimiento científico en la vida de la humanidad, sino también la primera fase necesaria para la conquista del espacio interplanetario. Se puede decir con confianza que, dentro de unos pocos años, los vuelos a la Luna serán una realidad, como lo es ya el lanzamiento del satélite artificial".

Los «Sputniks» II y III

El 3 de noviembre de 1957, los rusos lanzaron el segundo "Sputnik", que tenía las siguientes características: peso: 503 kg; forma: cilíndrica; altura: 1.740 kilómetros en el apogeo y 212 km en el perigeo; revolución: 103,7 minutos; velocidad: 24.300-29.000 km/h; finalidad: estudio de los rayos ultravioletas y cósmicos, así como también los efectos de estos rayos sobre un ser viviente, que fue una perra llamada "Laika".
El 15 de mayo de 1958 tuvo efecto el lanzamiento del trercer "Sputnik" bajo las siguientes características: peso: 1.320 kg; dimensiones: 350 × 173 cm; altura: 1.900-240 km; revolución: 106 mn; velocidad: 23.400-30.100 km/h; finalidad: determinar la presión y composición del aire de la alta atmósfera.

Los tres «Luniks»

Estos tres artefactos fueron designados con el nombre de "Luniks" porque se intentaba hacerlos llegar de alguna manera a la Luna.
El 2 de enero de 1959 fue lanzado el primer "Lunik", que no llegó a ser captado por la Luna, sino que pasó de largo, quedando convertido en un pequeño planeta entre las órbitas de Marte y la Tierra: peso: 1.460 kg; dimensiones: no fueron comunicadas; revolución: 15 meses.
El 12 de septiembre de 1959 fue lanzado el segundo "Lunik", que hizo impacto en la Luna, después de recorrer 375.000 km. Peso: 390 kg.
El 3 de octubre de 1959 fue lanzado el tercer "Lunik", que contorneó la Luna y sacó y transmitió a la Tierra varias fotografías del hemisferio invisible para nosotros de la Luna. Peso: 378 kg.

Los cuatro últimos «Sputniks»

El 6 de marzo de 1960 los rusos lanzaron el "Sputnik IV", que tenía por finalidad asegurar el control de vuelta a la Tierra: peso: 4.540 kg; altura: 363-300 km; revolución: 91 mn.
El 19 de agosto de 1960 fue lanzado el "Sputnik V", que iba equipado con dos perros: peso: 4.600 kg; altura: 336-302 km; revolución: 91 mn.
El día primero de diciembre de 1960 fue lanzado el "Sputnik VI", que llevaba a bordo dos perros, insectos y plantas. Peso: 4.563 kg; altura: 265-187,3 km; revolución: 88,6 mn.
El 4 de febrero de 1961 fue lanzado el "Sputnik VII", que según algunos llevaba un hombre. Peso: 6.500 kg, altura: 324-222 km; revolución: 89,8 mn.

Cohete espacial a Venus

El 14 de febrero de 1961 fue lanzado este cohete, para posarse en Venus o entrar en órbita a su alrededor, hacia el 15 de mayo del mismo año. Se ha dicho que este lanzamiento constituyó una sensación científica y técnica de primer orden, aun prescindiendo que llegara a buen término, porque requirió el formidable impulso de 300.000 kilogramos.

La perra «Chernuska»

El 9 de marzo de 1961, los rusos lanzaron al espacio una nave de 4.700 kg con una perra por nombre "Chernuska", que regresó felizmente el mismo día.



El primer satélite artificial lanzado por el hombre: el "Sputnik I", de la Unión Soviética (4 de octubre de 1957)

"Laika" en su cabina hermética

Parte anterior del "Sputnik II"

El "Lunik III" pasando sobre la cara invisi de la Luna, a la altura del cráter Tsiolkou

LOS SATÉLITES NORTEAMERICANOS

Los satélites «Explorer»

Tuvieron por finalidad proporcionar datos sobre rayos cósmicos, ionización, temperaturas, presiones y magnetismo de las capas más exteriores de la atmósfera terrestre. Hasta ahora los lanzamientos de este tipo han sido nueve, de los cuales funcionan el I (31-I-58), el IV (26-VII-1958), el VII (13-X-59) y el IX (16-II-61); se han desintegrado el III (26-III-1958), el VI (7-VIII-59) y el VIII (3-XI-60); fracasaron el II y el V.

Los satélites «Vanguard»

Se trata de satélites eminentemente meteorológicos, hasta el punto de que a uno de ellos se le llamó "ojo meteorológico". En total fueron tres los "Vanguard": el I (17-III-58), el II (17-II-59) y el tercero (8-VIII-59); todos ellos con éxito. Sin embargo, antes de lanzar al espacio el del 17 de marzo, hubo dos primeros intentos que fracasaron y no han quedado consignados en la serie de "Vanguards": el primero antes de empezar a elevarse, y el segundo cuando, encontrándose el cohete portador a 2.000 metros, hizo explosión.

Los satélites «Discoverer»

Constituyen la serie más numerosa, por cuanto el número de ellos asciende a veinticinco; de ellos, 14 han podido ser puestos en órbita: el II (13-IV-59); el V (13-VIII-59); el VI (19-VIII-59); el VII (7-XI-59); el VIII (20-XI-59); el XI (15-IV-60); el XIII (10-VIII-60); el XIV (25-VIII-60); el XV (12-IX-60); el XVII (12-XI-60); el XVIII (7-XII-60); el XIX (20-XII-60); el XX (18-II-61), y el XXI (19-II-61). De estos catorce, 8 están todavía en órbita; los satélites fracasados de esta serie fueron 7. La finalidad de los "Discoverer" consiste en la recuperación de una cápsula que se hace desprender del satélite para que vuelva en paracaídas.

Los satélites de comunicación

Fundamentalmente han sido ideados hasta ahora dos tipos de satélites de comunicación: los pasivos y los activos.
Los primeros cumplen un papel puramente de presencia. Su superficie, preparada al efecto, refleja las ondas de radio, de igual modo que un espejo refleja los rayos de luz. Han sido de este tipo los satélites llamados "Eco". En mayo de 1960 se intentó lanzar uno que fracasó, por lo cual no fue computado. El 13 de agosto del mismo año se lanzó el "Eco I", consistente en un globo iluminado de 30 m de diámetro, visible como una estrella de 1.ª magnitud.

Los satélites activos llevan consigo todo un complejo sistema que capta las ondas hertzianas, las transforma, amplifica, registra, codifica y retransmite. Uno de estos satélites fue el "Score" (18-XII-58), que pesaba 4 toneladas y tenía baterías de mercurio. Al mismo tipo pertenecen los "Courrier", capaces de funcionar como "repetidores retardados"; su fuente de energía son 20.000 células solares de sílice. En agosto de 1960 fracasó el "Courrier I-A", y el 4 de octubre tuvo éxito el "Courrier I-B", considerado como "precursor de un sistema mundial de comunicaciones".

Los satélites de astronáutica militar

Son de dos tipos: unos puramente defensivos y otros de vigilancia. Al primer tipo pertenecen los "Midas" (*Missile Defense Alarm System*), destinados a detectar los proyectiles dirigidos provenientes de una potencia enemiga, a fin de proceder a la defensa. Por febrero de 1960 se lanzó el "Midas I", pero fracasó, y el 24 de mayo el "Midas II", coronado de éxito. Al segundo tipo pertenecen los "Samos", cuya misión es fotografiar instalaciones militares. El 12 de octubre de 1960 se lanzó, con éxito, el "Samos I" y el 31 de enero de 1961 el "Samos II".

Los satélites meteorológicos

Son los llamados "Tiros", anagrama de *Television Infra-Red Observation System.* Se trata de satélites meteorológicos que registran y envían al suelo por televisión los aspectos de la troposfera, borrascas, sistemas nubosos, etc., así como perfiles de las costas de los países sobre los cuales discurren. El 1 de abril de 1960 fue lanzado el "Tiros I" y todavía está transmitiendo.

Los satélites auxiliares de la navegación

Con estos satélites, verdaderas boyas espaciales llamadas "Transit", se pretende ayudar a la navegación en toda clase de tiempo meteorológico, sin tener que depender de las estrellas. El 13 de abril de 1960 fue lanzado el "Transit T-B" y el 22 de junio, el "Transit J-A".

Los artefactos «Pioneer»

Se trata de pruebas de exploración profunda. Seis han sido hasta ahora, si bien varias de ellas fracasaron. El "Pioneer I" (11-X-58) sólo obtuvo un mediano éxito, por cuanto llegó a 113.000 kilómetros y proporcionó datos interesantes. Los "Pioneer II y III" fracasaron; el "Pioneer IV" (3-III-59) pretendía llegar a la Luna, pero pasó de largo y se convirtió en planetoide del Sol; el "Pioneer V" (11-III-60) estableció un "récord" de comunicación a gran distancia, desde 36 millones de kilómetros; el "Pioneer VI" fracasó.



El cohete "Júpiter-C", portador del "Explorer IV" para el estudio de la intensidad de las radiaciones

El "Explorer IV"

El "Explorer VII" puesto en órbita por un cohete "Juno II"

El "Vanguard I" lis para su lanzamiento

El "Discoverer XI", satélite lanzado por un proyectil "Thor" de alcance intermedio

El "Eco I" es un globo recubierto de aluminio

El "Transit 1-B", con antena en forma de espiral coloreada

El "Pioner IV", satélite de largo alcance

RESULTADOS DE LA ANTIGUA U.R.S.S.

Los rusos se mostraron muy parcos en precisar los resultados obtenidos, a excepción de los dos últimos "Luniks". Por esto sólo daremos detalles de éstos.

El primer cometa artificial

Los dirigentes soviéticos dieron cuenta de esta hazaña el 12 de septiembre de 1959 en los siguientes términos: "De acuerdo con el programa de investigación cósmica y de preparación para los vuelos interplanetarios, se ha llevado a cabo con éxito en la Unión Soviética un segundo lanzamiento de un cohete cósmico, cuyo objeto era estudiar el espacio cósmico durante su vuelo hasta la Luna. Este lanzamiento se realizó con ayuda de un cohete multipropulsor".
Horas más tarde del mismo día, *Radio Moscú* anunció que una nube de sodio había sido lanzada desde la última sección del "Lunik II", y el día 14, también de septiembre, la misma Radio informó que la Academia de Ciencias de Casakh había logrado obtener fotografías del "Lunik II" cuando éste se encontraba a 150.000 kilómetros de la Tierra. Estas fotos permitieron determinar la forma y velocidad de expansión de la nube artificial de sodio, que era alargada, pues medía 5.600 km de longitud por 600 km de ancho, siendo la velocidad de expansión de 1 km/s.
La conclusión que se sacó de este artificio de los soviéticos para asegurar la velocidad del "Lunik II", siquiera en algún trayecto de su recorrido, es que el artefacto se parecía a un cometa, por lo cual no dudaron algunos en llamarlo el "primer cometa artificial".

El impacto en la Luna

La realidad de este impacto descansó en el parte oficial soviético, que no contenía más que la expresión *"se ha alcanzado la Luna"*, que bien podía encubrir que "llegó a salvar la distancia que de ella nos separa". Por esto pudo escribir el radiotécnico español, Emilio Novoa: "Nosotros encontramos que hasta ahora, salvo la afirmación rusa, no existe dato incontrovertible de la certeza de que el Lunik haya llegado, como se afirma, a chocar con la misma Luna".
Los propios técnicos soviéticos situaban el "impacto" en una zona imprecisa entre los mares de la Serenidad, dejando abierta la posibilidad de que el cohete se hubiera convertido en un satélite lunar o en un planeta. El profesor Lowell, del Observatorio de Jodrell Bank (Inglaterra), se contentó con decir: "El cese de las señales parece ser total y, por lo tanto, *podemos suponer* que el cohete ha hecho impacto en la superficie lunar".

Estación interplanetaria automática

Los rusos denominaron al "Lunik III" con las siglas MAS, formada por las iniciales de *Mejplanetnata Automatitcheskata Stansia,* que significa "Estación interplanetaria automática", porque podía automáticamente recoger, registrar y retransmitir informaciones. La trayectoria de esta "estación" abarcó, a la vez, la Luna y la Tierra, lo que hizo que su eje mayor tuviera la longitud de unos 520.000 kilómetros, pasando solamente a la distancia de 6.912 km de nuestro satélite.
Para apreciar mejor la dificultad que entrañaba la pretensión soviética de fotografiar la Luna, es de saber que para ello hubo necesidad de prevenir la manera de poder orientar los correspondientes aparatos. A este fin se instaló, a bordo de la "estación espacial", un sistema capaz de orientarla y mantenerla en la dirección deseada. Este sistema comprendía células fotoeléctricas, giróscopos, dispositivos electrónicos y motores de guiado, y, al ir a funcionar, debió interrumpir la rotación espontánea del "Lunik" alrededor de su centro de gravedad, rotación que dio comienzo en el momento de su separación de la última sección del cohete.

Fotos de la cara opuesta de la luna

El 7 de octubre de 1959, al hallarse la estación interplanetaria entre 60.000 y 70. 000 km de la superficie lunar, la cámara de que se halla provista obtuvo durante 40 minutos gran cantidad de clisés con dos diferentes objetivos. El revelado y transmisión de las fotos se efectuó automáticamente a bordo del "Lunik". Como se trataba de fotografiar por vez primera la cara desconocida de la Luna, se procuró fotografiar la mayor extensión posible de superficie, para lo cual se escogió el momento en que esa cara se hallaba totalmente iluminada.

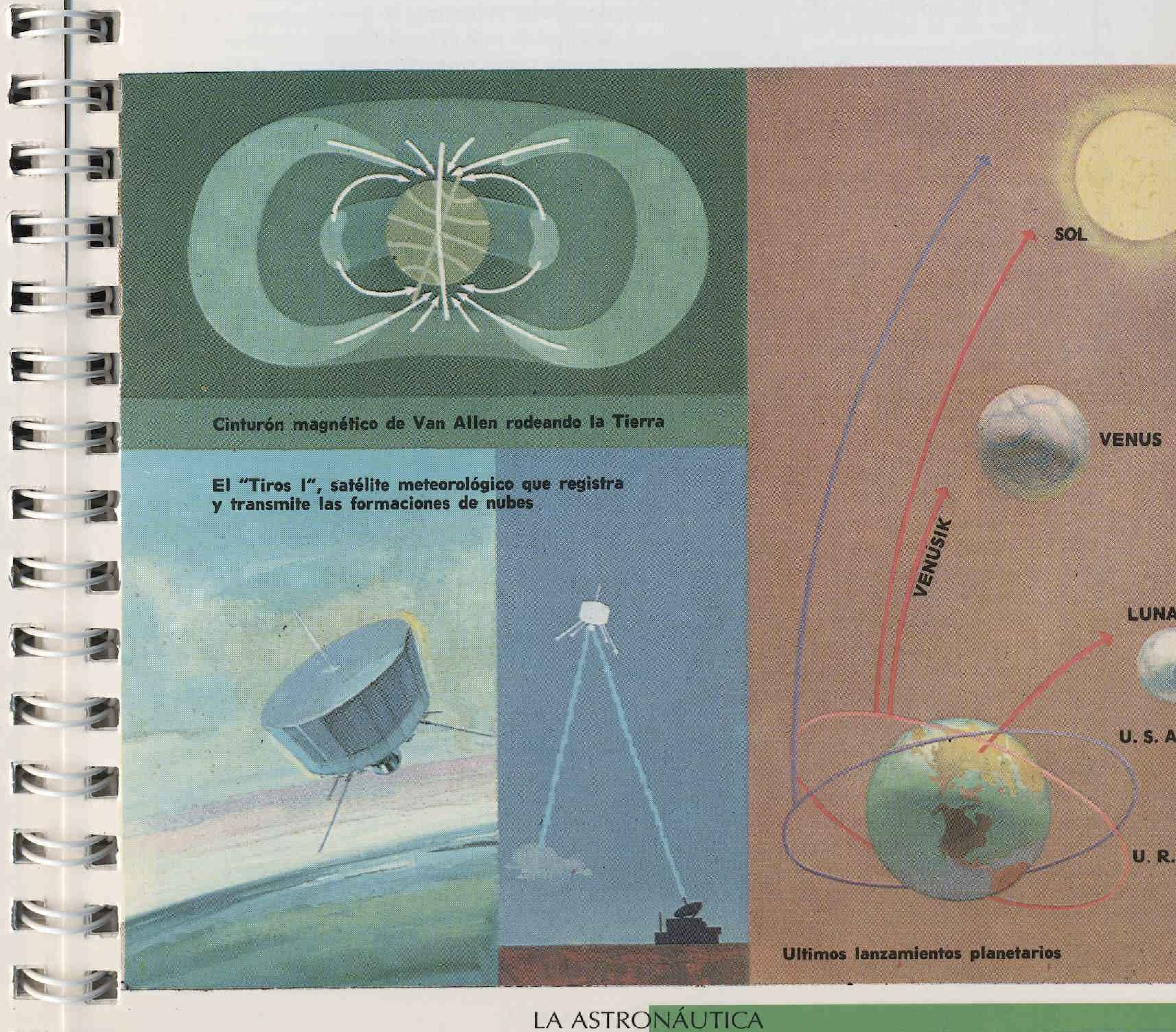
Aspecto de la cara invisible

Los rusos, apenas recibidas las fotografías enviadas por el "Lunik III", se apresuraron a divulgarlas y a dar nombres a algunos de los relieves lunares, tales como el mar de Moscú, mar de las Crisis, mar de los Sueños, cráter de Lomonosov, cráter de Tsiolkovski, cráter de Joliot-Curie, etc.

Regreso, a la Tierra, del primer cosmonauta

El día 12 de abril de 1961 el comandante Gagarin regresó a la Tierra, sano y salvo, a bordo de la nave espacial, "Vostok" (Oriente), puesta en órbita antes. La astronave, de 4.725 kilos de peso, había girado alrededor de la Tierra a una altura de 175 km en su punto más alejado, dando una vuelta cada 89,1 minutos.

Cumplido el viejo sueño de volar, el hombre se propuso pisar la Luna y lo consiguió. Ahora, al filo de un nuevo milenio, el reto es conocer los orígenes del Universo y colonizar los planetas más cercanos. Beneficiaria de la tecnología más puntera y de las dotaciones económicas más fabulosas, la Astronáutica se ha convertido en la ciencia aplicada de mayor éxito, espectacularidad y rendimiento. Aparte de la exploración científica del espacio, e incluso de su utilización con fines militares, los objetivos de la Astronáutica se orientan cada vez más hacia las aplicaciones prácticas: satélites de todo tipo (para la previsión del tiempo, cartográficos, de telefonía móvil y telecomunicaciones, etc.), estudios sobre la fisiología humana, puesta a punto de nuevos medicamentos, experimentos de procedimientos industriales, fabricación de nuevos materiales, etc.



Cinturón magnético de Van Allen rodeando la Tierra

El "Tiros I", satélite meteorológico que registra y transmite las formaciones de nubes

Ultimos lanzamientos planetarios

RESULTADOS NORTEAMERICANOS

Cinturón de radiación Van Allen

Uno de los resultados más vistosos, proporcionados por los satélites artificiales norteamericanos "Explorer" y "Pioneer", fue el descubrimiento de dos fajas de radiación, conocidas en conjunto con el nombre de "cinturón de Van Allen", por haber sido este autor quien las estudió de una manera particular. Estas dos fajas, situadas entre los 2.200 y 5.000 km de la superficie de la Tierra la interior y entre los 13.000 y 55.000 km la exterior, están constituidas por electrones y protones en proporción desconocida.

Al principio se creyó que el cinturón de Van Allen, por su intensa radiación, constituía un gran impedimento para los seres vivos espaciales, por cuanto exigiría protegerlos inusitadamente contra dicha radiación. Posteriormente se ha visto que no se requerirá tanta protección, pues las células humanas, animales y vegetales transportadas por el "Discoverer XVIII" y luego recuperadas, continuaron multiplicándose en el laboratorio con entera normalidad.

Relación existente entre el Sol y la Tierra

El planetoide "Pioneer V" y algunos satélites "Explorer" hicieron cambiar el concepto que se tenía de la relación radioeléctrica existente entre el Sol y la Tierra. El "Pioneer V" fue alcanzado por una gigantesca nube de gas ionizado que una tremenda erupción solar lanzó a los espacios interplanetarios. Esta nube envolvió al planetoide y a continuación chocó con el campo magnético de la Tierra. Los aparatos de que iba provisto el "Pioneer V" descubrieron que los rayos cósmicos procedentes del remoto universo eran desviados de su trayectoria por la citada nube. El "Explorer VI", que se hallaba en las cercanías de la Tierra, confirmó la disminución de la intensidad de los rayos cósmicos observada durante erupciones solares semejantes.

De esta suerte fue explicado un fenómeno que, durante muchos años, había tenido desconcertados a los científicos. Al descubrirse el cinturón de Van Allen se supuso que su faja exterior captaría la radiación de alta energía y se dilataría tan pronto entrase en contacto con la nube eléctrica solar. Entonces se supo que, por el contrario, la citada faja exterior de radiación pierde intensidad y se contrae, mientras desde la Tierra los científicos comprueban la presencia de auroras polares y perturbación de las comunicaciones telefónicas y telegráficas.

Éxito de los satélites de comunicación

El satélite "Score", de 3 metros de diámetro y 26 de longitud, retransmitió a la Tierra el mensaje de Navidad del presidente Eisenhower, gracias a una estación repetidora de onda corta. El satélite "Courrier" poseía una "memoria" tan portentosa que en cinco minutos podría registrar 370.000 palabras recibidas de una estación terrestre y retransmitirlas en otros cinco minutos. Así se explica que una Compañía norteamericana privada estuviera dispuesta a lanzar por su cuenta satélites comerciales del mismo tipo.

Ventajas de los satélites meteorológicos

Los miles de fotografías transmitidas por el satélite "Tiros" demostraron la perfecta organización a que responden las formaciones nubosas de nuestra atmósfera. Se preveía, pues, que los satélites de este tipo permitían, al perfeccionarse, una predicción más exacta del tiempo, así como también adoptar, con suficiente anticipación, medidas de protección contra los tan temidos ciclones y huracanes.

Las boyas espaciales

Se comprobó que los satélites de ayuda a la navegación, llamados "Transit", iban a ser verdaderas "boyas espaciales" mucho más eficaces que las estrellas a los efectos de la navegación astronómica, ya que no se dependía de la observación, sino de la escucha; puesto que, con su colaboración, los navegantes pueden situarse sin dificultad, aun en medio de los mayores temporales, con un margen de sólo unos pocos metros de error.

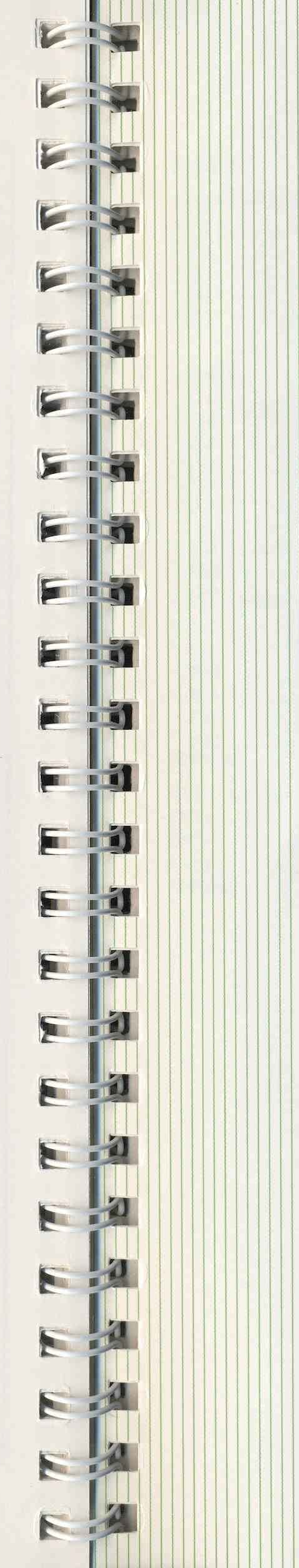
Revolución en la predicción del tiempo

Sobre las informaciones obtenidas con los satélites "Tiros" se ha podido decir que nos han colocado "en los umbrales de una revolución de los modos y modas de predecir el tiempo", ya que pueden registrar 23.000 imágenes de nubes.

El primer astronauta norteamericano

El 5 de mayo de 1961, pocos días después de que lo fuera el cosmonauta soviético, fue lanzado el primer austronauta norteamericano, Alan B. Shepard, dentro de una cápsula "Mercury". El viaje tuvo un recorrido de 470 kilómetros, a 184 kilómetros de altura, y una duración de 16 minutos.

Año	Misión	País	Objetivo o hito alcanzado
1957	Sputnik I	U.R.S.S.	primer satélite artificial de la Tierra
	Sputnik II	U.R.S.S.	primer ser vivo en órbita (perra Laika)
1958	Vanguard I	E.U.A.	primer satélite equipado con células fotoeléctricas
	Score	E.U.A.	primer satélite de comunicaciones
1959	Lunik I	U.R.S.S.	primera sonda en órbita solar
	Explorer VI	E.U.A.	primeras imágenes de la Tierra desde el espacio
	Lunik II	U.R.S.S.	primer contacto de un objeto terrestre con la Luna
	Lunik III	E.U.A.	primeras imágenes de la cara oculta de la Luna
1960	Tiros I	E.U.A.	primer satélite meteorológico
	Discoverer XIII	E.U.A.	primera recuperación de una cápsula orbital
1961	Venera I	U.R.S.S.	primer lanzamiento con dirección a Venus
	Vostok I	U.R.S.S.	primer vuelo orbital tripulado (Y. Gagarin)
1962	Friendship VII	E.U.A.	primer vuelo orbital tripulado de E.U.A. (A. Shepard)
	UK-I	G. Bretaña	primer satélite artificial británico
1963	Syncom III	E.U.A.	primer satélite geoestacionario
	Vostok VI	U.R.S.S.	primera mujer en órbita (V. Tereshkova)
1964	Ranger VII	E.U.A.	primeras fotografías detalladas de la Luna
1965	Vosjod II	U.R.S.S.	primera salida de un astronauta al espacio (Alexei A. Leonov)
	Venera III	U.R.S.S.	primer impacto en Venus
	A-I	Francia	primer satélite artificial francés
	Gemini VI y Gemini VII	E.U.A.	primer encuentro en órbita de cápsulas espaciales
1966	Lunik IX	U.R.S.S.	primer alunizaje controlado
	Gemini VIII	E.U.A.	primer atraque en plena órbita
	Lunik XIII	U.R.S.S.	primer estudio del suelo lunar
1967	Venera IV	U.R.S.S.	primer descenso controlado en Venus
	Surveyor VI	E.U.A.	primer despegue desde la Luna
1968	ESRO II	Europa	primer satélite internacional europeo
	Apollo VIII	E.U.A.	primer vuelo tripulado alrededor de la Luna
1969	Soyuz IV	U.R.S.S.	primera estación espacial tripulada
	Apollo XI	E.U.A.	primer desembarco humano en la Luna (N. Armstrong y E. Aldrin), con toma de muestras
1970	Venera VII	U.R.S.S.	primera nave que se posa en Venus
1971	Soyuz XI	U.R.S.S.	primer acoplamiento de una cosmonave tripulada y una estación espacial
1973	Skylab	E.U.A.	primera puesta en órbita de un laboratorio espacial tripulado
1975	Apolo-Soyuz	E.U.A.-U.R.S.S.	primer vuelo conjunto soviético-norteamericano
1976	Viking I	E.U.A.	primer aterrizaje de una cápsula en Marte
1977	Voyager I y II	E.U.A.	información sobre Júpiter (1979) y Saturno (1980 y 1981)
1981	Columbia	E.U.A.	primer vuelo de un transbordador espacial
1984	Challenger	E.U.A.	primer astronauta (B. Mc Candless) que flota en el espacio sin estar ligado a la cápsula o al transbordador
1985	Giotto	Europa	primera sonda que observó el cometa Halley
1987-88	Mir	U.R.S.S.	récord de permanencia (un año) en el espacio (V.G. Titov y M.K Manarov)
1988	Buran	U.R.S.S.	primer tranbordador espacial soviético
1989	COBE	E.U.A.	primer satélite para el estudio de los confines cósmicos
1990	Hubble	E.U.A.	primer telescopio espacial
1994	Hubble	E.U.A.	primera reparación en el espacio con éxito de un telescopio
1995	Atlantis-Mir	E.U.A.-Rusia	primera misión para la construcción de una estación espacial internacional
	Helios I	Francia, Italia, España	primer satélite espía europeo
	SOHO	E.S.A.	primera nave espacial europea dirigida al Sol
1996	CASSINI	E.U.A.	detección de planetas análogos de la Tierra en otros sistemas



CUADRO DE MATERIAS E ÍNDICE

MATERIAS

ÍNDICE